



Pré-vestibular Química



Autoria: Thiago Bernini Caspar, Guilherme Aulicino Bastos Jorge e Marcelo Miguel Martins Pelisson.

Direção geral: Nicolau Arbex Sarkis.

Cerência editorial: Emília Noriko Ohno.

Coordenação de projeto editorial: Marília L. dos Santos C. Ribeiro e Viviane R. Nepomuceno.

Analista de projeto editorial: Brunna Mayra Vieira da Conceição.

Edição: Equipe de edição da Editora Poliedro.

Coordenação de edição de texto: Anaiza Castellani Selingardi.

Edição de texto: Equipe de edição de texto da Editora Poliedro.

Coordenação de revisão: Mariana Castelo Queiroz.

Revisão: Equipe de revisão da Editora Poliedro.

Edição de arte: Kleber S. Portela e Wellington Paulo.

Diagramação: Equipe de diagramação da Editora Poliedro.

Ilustração: Equipe de ilustração da Editora Poliedro.

Coordenação de licenciamento: Kelly Garcia.

Analistas de licenciamento: Equipe de licenciamento da Editora Poliedro.

Coordenação de engenharia de produção: Juliano Castilho Laet de Holanda.

Analista de produção editorial: Claudia Moreno Fernandes.

Coordenação de PCP: Anderson Flávio Correia.

Analista de PCP: Vandrê Luis Soares.

Projeto gráfico: Alexandre Moreira Lemes e Kleber S. Portela.

Projeto gráfico da capa: Bruno Torres e Varão Monteiro Junior.

Colaboração externa: Diagramação, revisão e preparação de originais: Know-how Editorial.

Edição técnica: Fabiana Eiko Shibahara Asano.

Impressão e acabamento: Nywgraf.

Créditos: Capa e frontispício So-CoAddict/stockphoto.com 5 Simone Voigt/123rf.com • Ricardo Stuckert/PR/ABR • Richard Greenhill and Hugo Elias of the Shadow Robot Company/Wikipedia 131 © Alexander Citlits | Dreamstime.com • Reprodução • Photoresearchers/Photoresearchers/Latinstock 203 Lougassi Cuiles | Dreamstime.com.

A Editora Poliedro pesquisou junto às fontes apropriadas a existência de eventuais detentores dos direitos de todos os textos e de todas as obras de artes plásticas presentes nesta obra, sendo que sobre alguns nenhuma referência foi encontrada. Em caso de omissão, involuntária, de quaisquer créditos faltantes, estes serão incluídos nas futuras edições, estando, ainda, reservados os direitos referidos nos arts. 28 e 29 da lei 9.610/98.



São José dos Campos-SP
ISBN: 978-85-7901-550-2
Telefone: (12) 3924-1616
editora@sistemapoliedro.com.br
www.sistemapoliedro.com.br

Copyright © 2018
Todos os direitos de edição reservados à Editora Poliedro

SUMÁRIO

Frente 1

9	Caráter acidobásico de substâncias orgânicas.....	6
	Caráter ácido-base dos compostos orgânicos.....	7
	Caráter ácido dos compostos orgânicos.....	7
	Caráter básico dos compostos orgânicos.....	10
	Caráter anfótero dos aminoácidos.....	11
	Revisando.....	11
	Exercícios propostos.....	14
	Texto complementar.....	18
	Exercícios complementares.....	22
10	Polímeros.....	28
	Classificação dos polímeros.....	29
	Polímeros de adição.....	29
	Polímeros de condensação.....	36
	Revisando.....	42
	Exercícios propostos.....	43
	Texto complementar.....	53
	Exercícios complementares.....	61
11	Bioquímica.....	68
	Aminoácidos.....	69
	A ligação peptídica, peptídeos e proteínas.....	71
	Lípídeos.....	74
	Fosfolípídeos.....	77
	Carboidratos.....	77
	Revisando.....	81
	Exercícios propostos.....	82
	Textos complementares.....	90
	Exercícios complementares.....	98
12	Recursos orgânicos.....	108
	Petróleo.....	109
	Gás natural.....	113
	Carvão mineral.....	114
	Xisto betuminoso.....	114
	Biocombustíveis.....	115
	Revisando.....	117
	Exercícios propostos.....	118
	Texto complementar.....	122
	Exercícios complementares.....	126

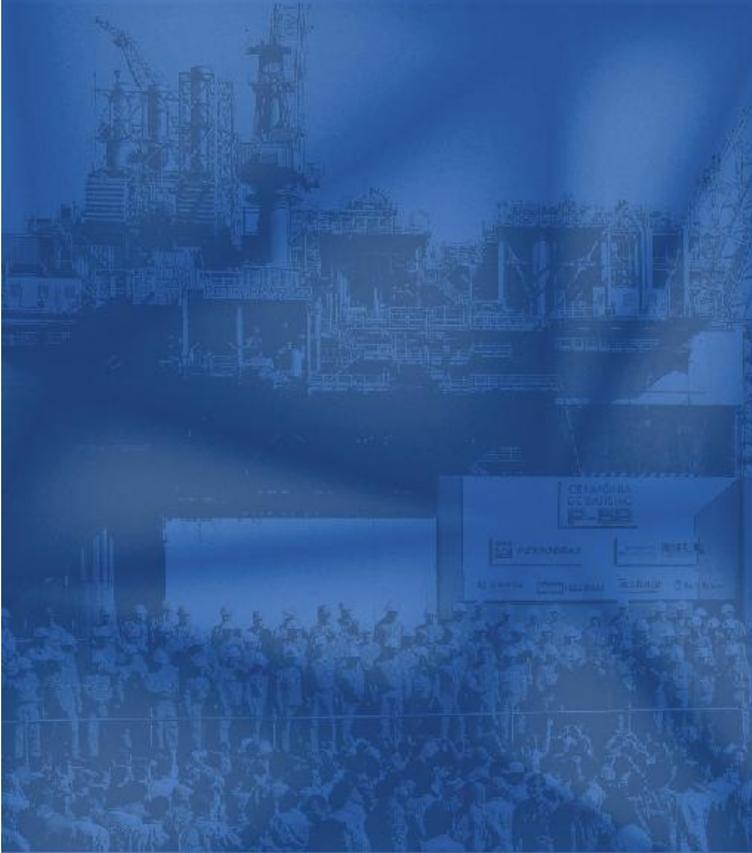
Frente 2

9	Radioatividade.....	132
	Breve histórico e definição de radioatividade....	133
	Emissões α , β , γ e outras.....	134
	Reações nucleares.....	135
	Revisando.....	141
	Exercícios propostos.....	148
	Textos complementares.....	157
	Exercícios complementares.....	161
10	Reações inorgânicas.....	168
	O que motiva a ocorrência de uma reação química?.....	169
	Reações de síntese, adição ou formação.....	169
	Reações de análise ou decomposição.....	170
	Reações de simples troca ou deslocamento.....	170
	Reações de dupla-troca.....	173
	Revisando.....	175
	Exercícios propostos.....	177
	Textos complementares.....	186
	Exercícios complementares.....	190

Frente 3

7 Eletroquímica	204
Introdução.....	205
Pilha de Daniell.....	205
Potenciais, força eletromotriz e espontaneidade.....	208
Tipos de pilha.....	211
Proteções anticorrosão.....	215
Eletrólises.....	217
Eletroquímica quantitativa.....	220
Revisando.....	222
Exercícios propostos.....	225
Texto complementar.....	240
Exercícios complementares.....	244
Gabarito	263

Frente 1



9

FRENTE 1

Caráter acidobásico de substâncias orgânicas



© TSHKA2000 | DREAMSTIME.COM

O vinagre vendido nos supermercados é uma solução aquosa de ácido acético cuja concentração varia entre 5 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).

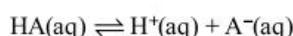
Caráter ácido-base dos compostos orgânicos

Como os compostos inorgânicos, os compostos orgânicos têm caráter ácido-base. 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:

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

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 na Fig. 1.

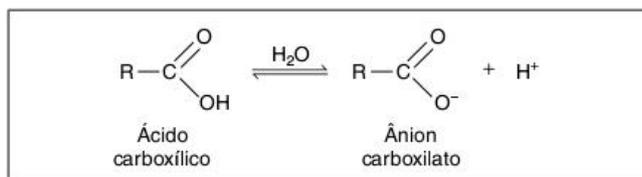


Fig. 1 Ionização de um ácido carboxílico.

O ânion carboxilato formado apresenta duas estruturas de ressonância equivalentes. A estabilidade adquirida em função da ressonância (Fig. 2) justifica a acidez dos ácidos carboxílicos.

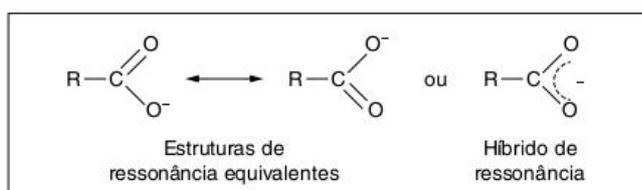


Fig. 2 Ressonância do ânion carboxilato.

Ácidos carboxílicos reagem com soluções aquosas de bases fortes, como o hidróxido de sódio (NaOH) e com soluções aquosas de bicarbonato de sódio (Fig. 3), formando sais de ácido carboxílico.

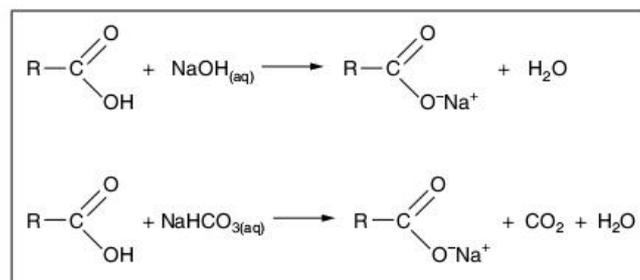
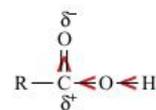


Fig. 3 Reação do ácido carboxílico com NaOH e NaHCO_3 .

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.



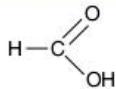
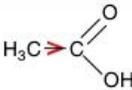
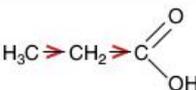
Quanto mais polar a ligação O–H, mais facilmente há quebra formando H^+ , portanto, quanto mais polar a ligação O–H, mais forte é o ácido.

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.

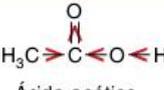
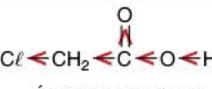
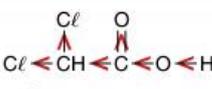
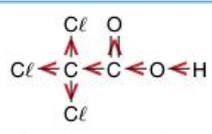
Assim, quanto maior o número de carbonos na cadeia, maior o efeito doador e, conseqüentemente, menor a força do ácido. Esse efeito pode ser observado na Tab. 1, a seguir, em que são apresentados os valores de K_a de alguns ácidos carboxílicos:

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

Tab. 1 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 **elétrôn-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.

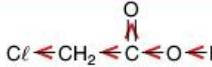
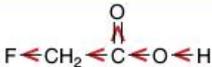
Observe, na Tab. 2, que, quanto mais grupos retiradores de elétrons, como o cloro, estiverem presentes, mais forte será o ácido.

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	$2,3 \cdot 10^{-1}$

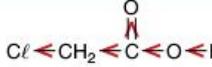
Tab. 2 Efeito elétrôn-atraente do cloro.

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 carbonila. 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 na Fig. 4.

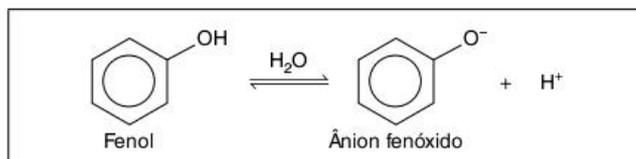


Fig. 4 Ionização de um fenol.

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.

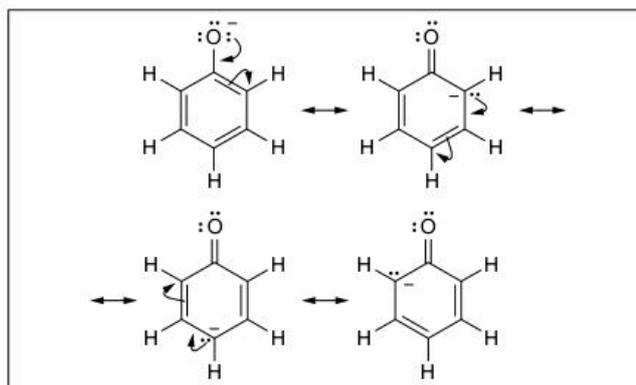
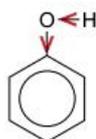


Fig. 5 Ressonância do ânion fenóxido.

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 (Fig. 6), formando sais chamados fenóxidos.

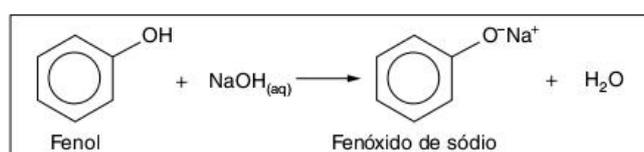


Fig. 6 Reação do fenol com hidróxido de sódio.

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 alquilas (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 Tab. 3, 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.

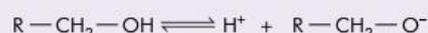
Fenóis	K_a
	$6,7 \cdot 10^{-11}$
	$1,1 \cdot 10^{-10}$
	$5,6 \cdot 10^{-10}$
	$6,3 \cdot 10^{-9}$
	$6,9 \cdot 10^{-8}$

Tab. 3 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.

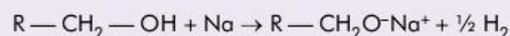
Esse comportamento é justificado por dois fatores: primeiro, porque o ânion alcóxido formado na ionização de um álcool não apresenta ressonância, portanto não adquire a mesma estabilidade que os ânions fenóxido e carboxilato.



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



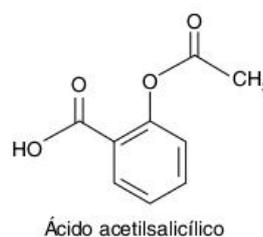
No entanto, como os álcoois, em reações com o sódio metálico (Na), por exemplo, funcionam como ácidos de Brønsted-Lowry, pode-se dizer que são ácidos muito fracos. Mais fracos inclusive que a própria água.



Reação de um álcool com sódio metálico.

Exercício resolvido

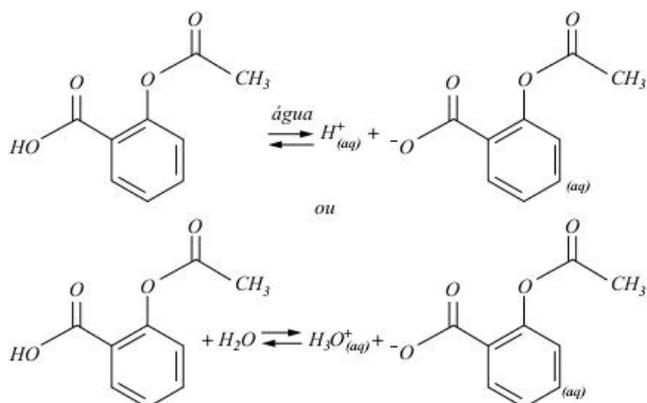
1 Muitos medicamentos analgésicos contêm, em sua formulação, o ácido acetilsalicílico, considerado um ácido fraco.



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

Resolução:

- 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 na Fig. 7.

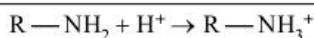
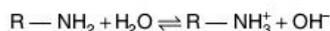


Fig. 7 Reação de uma amina com um cátion H⁺.

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), conforme Fig. 8. Quanto maior o valor de K_b, maior será a força da base.



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

Fig. 8 Equilíbrio de ionização da água com uma amina.

As aminas reagem com ácidos, formando sais de amônio (Fig. 9).

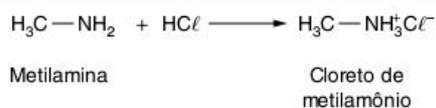


Fig. 9 Reação de uma amina com o HCl.

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 indutivo dos grupos alquila (Fig. 10). O efeito doador de elétrons desses grupos estabiliza o nitrogênio, aumentando a disponibilidade do par de elétrons livres para ligação com um cátion H⁺.

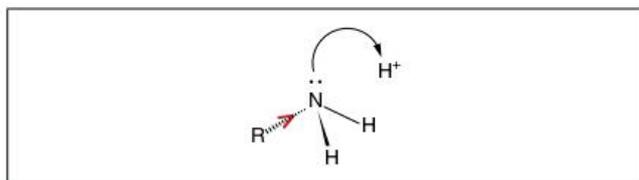


Fig. 10 Efeito indutivo de um grupo alquila.

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 (Fig. 11).

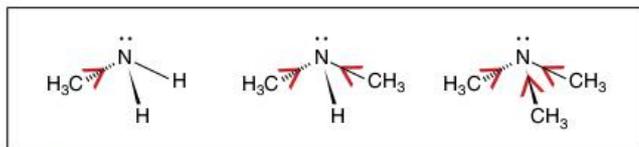


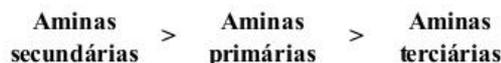
Fig. 11 Efeito doador de elétrons dos grupos substituintes em aminas primárias, secundárias e terciárias.

Observe, na Tab. 4, 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 ₂	1,0 · 10 ⁻³
Trimetilamina	(CH ₃) ₃ NH ₂	6,0 · 10 ⁻⁵

Tab. 4 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 (Fig. 12), 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⁺.

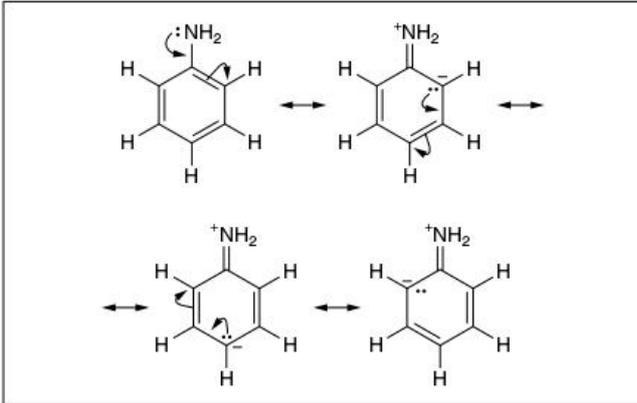


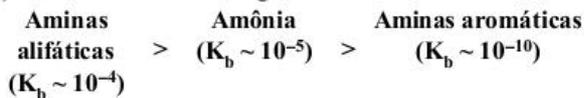
Fig. 12 Estruturas de ressonância de uma amina aromática.

Grupos substituintes no anel aromático também afetam a força das aminas aromáticas. Observe, na Tab. 5, 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
<chem>Cc1ccc(N)cc1</chem>	$1,2 \cdot 10^{-9}$
<chem>Nc1ccccc1</chem>	$4,2 \cdot 10^{-10}$
<chem>Nc1ccc(Cl)cc1</chem>	$1,0 \cdot 10^{-10}$
<chem>Nc1ccc([N+](=O)[O-])cc1</chem>	$1,0 \cdot 10^{-13}$

Tab. 5 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 amina ($-NH_2$) 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 Fig. 13, que ilustra as reações de um aminoácido com uma base e com um ácido.

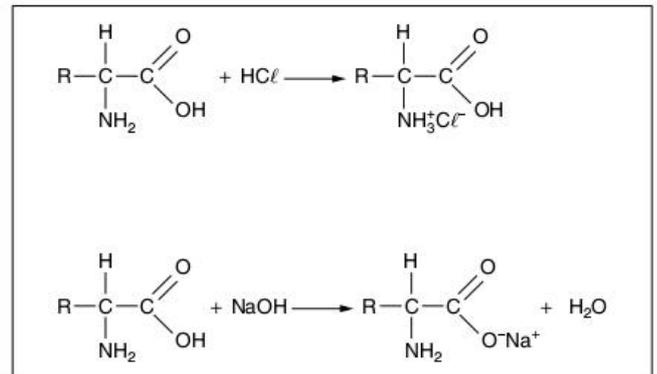


Fig. 13 Reações de neutralização de um aminoácido.

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 amina, na forma de cátion amônio, em razão de uma reação de neutralização interna, conforme Fig. 14.

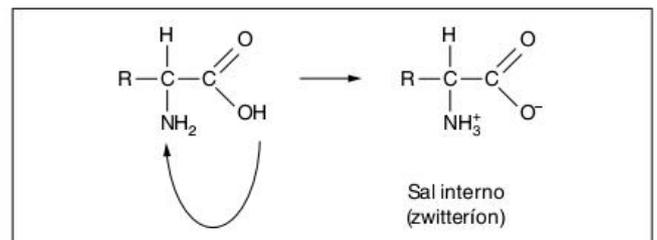


Fig. 14 Reação de neutralização interna de um aminoácido.

Revisando

1 Escreva a equação de ionização dos seguintes compostos:

a) ácido etanoico

b) benzenol

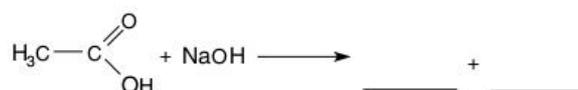
2 Uma solução aquosa de ácido fórmico apresenta o seguinte equilíbrio:



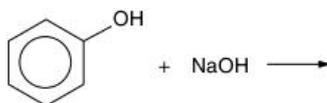
A expressão **correta** do K_a do ácido fórmico é:

$K_a =$ _____

3 Complete a equação de neutralização a seguir.



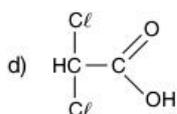
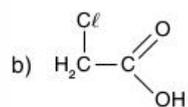
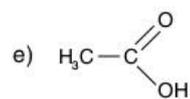
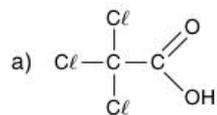
4 Complete a equação de neutralização a seguir.



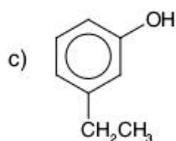
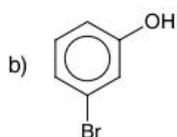
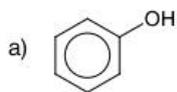
5 Fatos experimentais mostram que a força de um ácido aumenta com:

- 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.

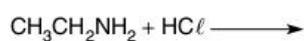
Usando as informações do enunciado, coloque os ácidos listados a seguir na ordem crescente de suas forças.



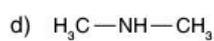
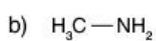
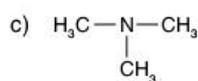
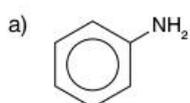
6 Coloque os seguintes fenóis em ordem crescente de força.



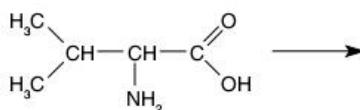
7 Complete a equação de neutralização a seguir.



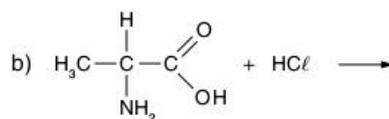
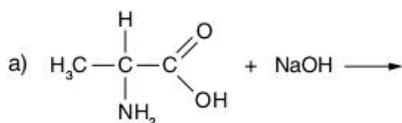
8 Organize os seguintes compostos em ordem crescente de força básica.



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



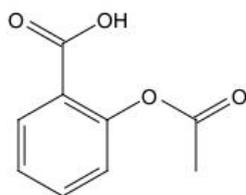
10 Complete as equações de neutralização a seguir.



Exercícios propostos

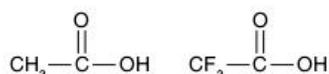
Caráter ácido dos compostos orgânicos

1 PUC-Rio O ácido acetilsalicílico (figura a seguir), mais conhecido como aspirina, é uma das substâncias de propriedades analgésicas mais consumidas no mundo. Assinale a alternativa que contém os grupos funcionais presentes na molécula da aspirina e a faixa de pH característico de uma solução aquosa dessa substância a 25 °C.



- (a) Ácido carboxílico, éster, pH < 7.
 (b) Cetona, éter, pH = 7.
 (c) Aldeído, ácido carboxílico, pH > 7.
 (d) Amina, amida, pH = 7.
 (e) Éster, éter, pH < 7.

2 UFPE Ácido acético e ácido trifluoroacético apresentam as seguintes fórmulas estruturais:

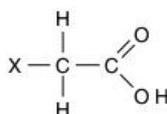


Ambos os ácidos carboxílicos são solúveis em água. Sobre esses compostos, podemos afirmar:

- 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 CF_3 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.

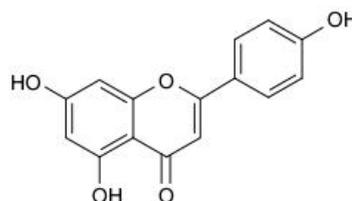
Considere uma substância representada pela estrutura a seguir.



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

- (a) H
 (b) I
 (c) F
 (d) CH_3

4 UFSM 2012 Considere a estrutura molecular da apigenina:

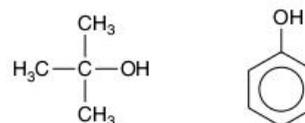
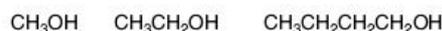


Apigenina

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 UEM 2016 Considerando os compostos a seguir, assinale o que for **correto**.



- 01 O *n*-butanol deve ebulir a uma temperatura mais elevada do que o etanol, uma vez que a maior cadeia carbônica do primeiro aumenta a possibilidade de interações intermoleculares por forças de dispersão de London.
 02 Todos os compostos podem formar ligações de hidrogênio com a água e, por isso, são igualmente solúveis nesse solvente.
 04 O *n*-butanol possui maior ponto de ebulição em relação ao *t*-butanol.
 08 O fenol é capaz de reagir com NaOH, formando fenóxido de sódio e água.
 16 Álcoois são mais ácidos do que água.

Soma =

6 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.

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

Quais estão **corretas**?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas III.
- Apenas I e III.
- Apenas II e III.

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

A = CH₃COOH

B = ClCH₂COOH

C = Cl₂CHCOOH

- 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.

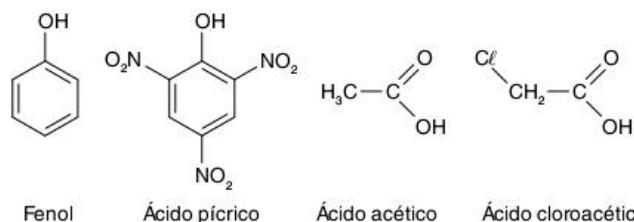
8 Uerj O ácido etanoico e o ácido tricloroetanoico são empregados como agentes cicatrizantes por proporcionarem a precipitação de proteínas. Os valores da constante de ionização em água desses compostos, a 25 °C, são $1,7 \cdot 10^{-5}$ para o ácido etanoico e $2,3 \cdot 10^{-1}$ para o ácido tricloroetanoico.

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 UFPB 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 NO₂, no ácido pícrico, têm efeito elétron-doador.
- O ácido pícrico 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 Ufes Considere os ácidos:

- Cl₃C — CO₂H
- CH₃ — CO₂H
- CH₃ — CH₂ — CH₂ — CO₂H
- HCO₂H

A opção que representa corretamente a ordem crescente de acidez é:

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

11 UFSM 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:

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

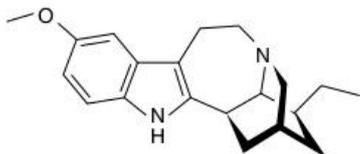
Caráter básico dos compostos orgânicos

12 UFU 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-ibogaina.html>>. Acesso em: 26 jan. 2016.

A ibogaína é extraída dessa raiz e tem fórmula estrutural

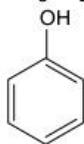


A partir da análise de sua estrutura, verifica-se que a ibogaína possui fórmula molecular

- (a) $C_{19}H_{24}N_2O$ e possui caráter básico.
- (b) $C_{19}H_{23}N_2O$ e possui caráter ácido.
- (c) $C_{20}H_{26}N_2O$ e possui caráter alcalino.
- (d) $C_{20}H_{24}N_2O$ e possui caráter adstringente.

13 FGV Considere os seguintes compostos orgânicos:

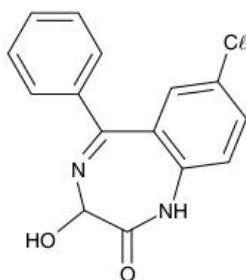
- I. CH_3CH_2OH
- II. CH_3COOH
- III. CH_3CH_2COOH
- IV. $CH_3CH_2NH_2$
- V.



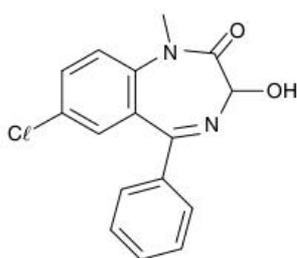
O composto orgânico que apresenta maior caráter básico está representado em:

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

14 Acafe 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

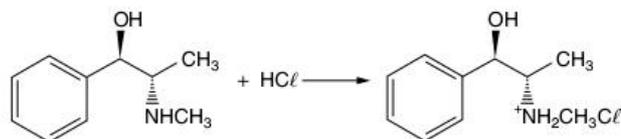
Baseado nas informações fornecidas e nos conceitos químicos, analise as afirmações a seguir.

- I. O oxazepam e o temazepam são constituídos pelos mesmos elementos químicos.
- II. A fórmula molecular do temazepam é $C_{16}H_{13}ClN_2O_2$.
- III. Segundo a teoria ácido-base de Brønsted-Lowry, a molécula de oxazepam, assim como a de temazepam, pode atuar como base.
- IV. 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**

- (a) Apenas a afirmação I está correta.
- (b) Apenas I, II e III estão corretas.
- (c) Apenas III e IV estão corretas.
- (d) 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

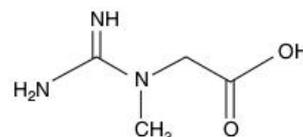
SOUTO, C. R. O.; DUARTE, H.C.

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.
- (b) Basicidade.
- (c) Solubilidade.
- (d) Volatilidade.
- (e) Aromaticidade.

16 Mackenzie 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

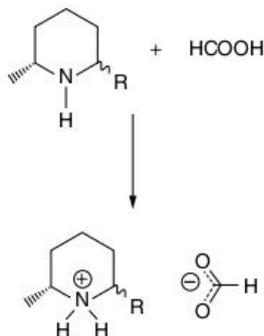
de exercícios físicos. O seu nível é equilibrado pelos rins, assim a dosagem sorológica de creatinina visa medir a função renal de um indivíduo. De acordo com a fórmula estrutural da creatina, representada anteriormente, são realizadas as seguintes afirmações:

- 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.

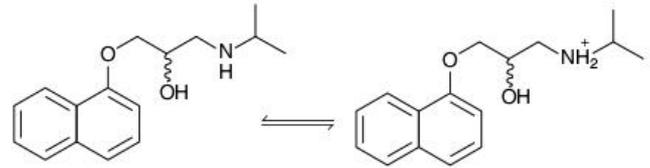
17 UFRGS 2015 Líquidos iônicos vêm sendo usados em inúmeras aplicações. O primeiro exemplo de um líquido iônico encontrado na natureza foi descrito recentemente. A formiga *N. Fulva*, ao ser atacada pela formiga *S. Invicta*, neutraliza o alcaloide venenoso, lançando seu próprio veneno, ácido fórmico, que forma um líquido iônico viscoso, conforme a reação a seguir, em que R é uma cadeia carbônica linear de 10 a 18 átomos de carbono.



Essa reação é caracterizada como uma reação de

- (a) ácido-base de Lewis.
- (b) radicais.
- (c) hidrólise salina.
- (d) oxidação-redução.
- (e) esterificação.

18 FMP 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 FGV 2012 A piridina é uma substância empregada na indústria da borracha, de tintas e de corantes. Em solução aquosa $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, a 25°C , a piridina hidrolisa, resultando numa solução com $[OH^-] = 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$.



A classificação da piridina, de acordo com o conceito ácido-base de Lewis, e o pH da solução aquosa $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ a 25°C são, respectivamente:

- (a) ácido de Lewis e 9.
- (b) ácido de Lewis e 5.
- (c) base de Lewis e 9.
- (d) base de Lewis e 8.
- (e) base de Lewis e 5.

20 Cesgranrio No início de 1993, os jornais noticiaram que quando uma pessoa se apaixona, o organismo sintetiza uma substância – etilfenilamina, responsável pela excitação, característica daquele estado. A classificação e o caráter químico dessa amina são, respectivamente:

- (a) amina primária – ácido
- (b) amina primária – básico
- (c) amina secundária – neutro
- (d) amina secundária – ácido
- (e) amina secundária – básico

TEXTO COMPLEMENTAR

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 outros.

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.



© BONCHUK | DREAMSTIME.COM

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 anidrido 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,



© ALEXSTAR | DREAMSTIME.COM

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 casse férrica (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, pickles 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-hidroxitbutanodiolico, 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 lactobiônico – 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 lactobiônico 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, p. 29-31, 2016.

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	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$		Pícrico	$\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$	
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	$\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$	
L-Tartárico	$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$				
Butírico	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$				
Isovalérico	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$				

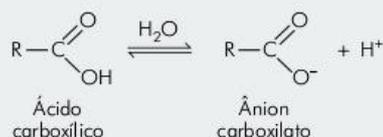
RESUMINDO

Caráter ácido dos compostos orgânicos

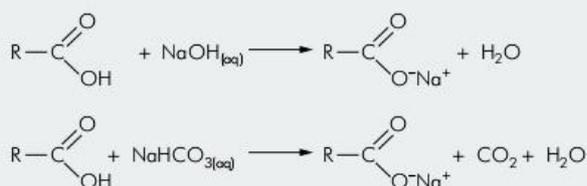
1. Ácidos carboxílicos

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.

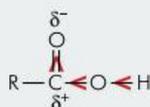


Ácidos carboxílicos reagem com soluções aquosas de bases fortes, como o hidróxido de sódio (NaOH), e com soluções aquosas de bicarbonato de sódio, formando sais de ácido carboxílico.



• 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.



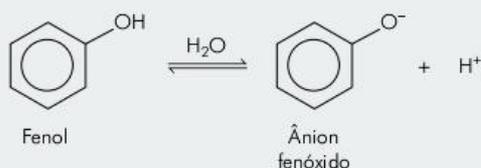
O aumento da cadeia carbônica diminui a força dos ácidos, em razão do efeito doador de elétrons dos carbonos.

Grupos mais eletronegativos ligados na cadeia aumentam a força dos ácidos, devido ao efeito retirador de elétrons.

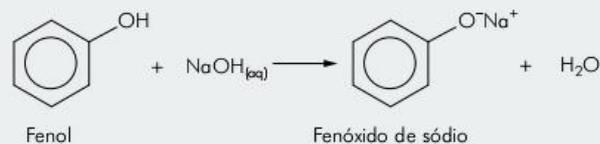
2. Fenóis

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 .

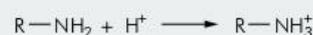
• Força dos fenóis

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

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

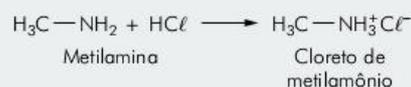
Caráter básico dos compostos orgânicos

As aminas, assim como a amônia (NH_3), 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

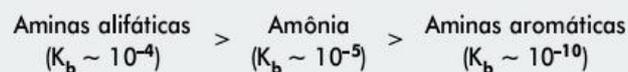
As aminas alifáticas são mais fortes que a amônia. Esse fato pode ser explicado pelo efeito indutivo doador de elétrons dos grupos alquila.

Regra geral para força básica das aminas alifáticas:

Aminas secundárias > Aminas primárias > Aminas terciárias

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:

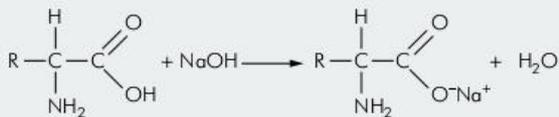
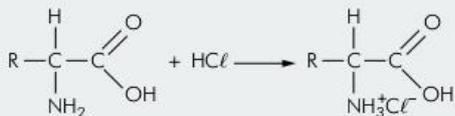


Caráter anfótero dos aminoácidos

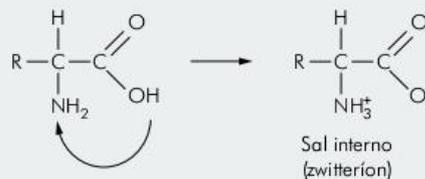
Aminoácidos são compostos orgânicos que apresentam pelo menos um grupo da função amina e um grupo da função ácido carboxílico na mesma molécula.

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

- Acidez e basicidade na Química Orgânica:
<http://www.iq.usp.br/wjbaader/qfl2345/Capitulo_1%273_QFL%202345.pdf>
- Tamponamento sanguíneo:
<<http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc13/v13a04.pdf>>



LIVRO

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

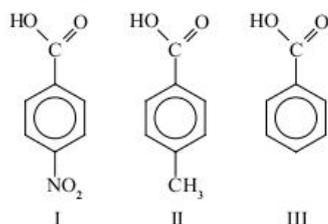
Exercícios complementares

Caráter ácido dos compostos orgânicos

1 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) H₃C—CH₃ (c) H₃C—CH₂—Cl
(b) H₃C—CH₂OH (d) H₃C—C(=O)—NH₂
- (e)

2 UFPE Ácidos orgânicos são utilizados na indústria química e de alimentos, como conservantes, por exemplo. Considere os seguintes ácidos orgânicos:



A ordem crescente de acidez desses compostos em água é:

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

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) CH₃COOH (d) Cl₂CHCOOH
(b) ClCH₂COOH (e) HCOOH
(c) ClCH₂CH₂COOH

4 PUC-MG Considerando os ácidos CH₂ClCOOH, CHCl₂COOH, CCl₃COOH, CH₃COOH, CF₃COOH, o mais fraco e o mais forte são, respectivamente:

- (a) CH₂ClCOOH e CH₃COOH
(b) CH₃COOH e CCl₃COOH
(c) CCl₃COOH e CHCl₂COOH
(d) CH₃COOH e CF₃COOH
(e) CCl₃COOH e CF₃COOH

5 PUC-MG 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 n°	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 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 ITA Assinale a opção que apresenta o ácido mais forte, considerando que todos se encontram nas mesmas condições de concentração, temperatura e pressão.

- (a) CH_3COOH
- (b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
- (c) $(\text{CH}_3)_3\text{CCOOH}$
- (d) ClCH_2COOH
- (e) Cl_3CCOOH

10 UFRGS Considere a tabela a seguir, que apresenta os valores de $\text{p}K_a$ e da temperatura de ebulição de três compostos.

Composto	$\text{p}K_a$	T. ebulição (°C)
A	4,75	117
B	9,89	182
C	16,00	78

Os compostos A, B e C podem ser, respectivamente:

- (a) fenol – ácido acético – etanol.
- (b) ácido acético – fenol – etanol.
- (c) etanol – fenol – ácido acético.
- (d) fenol – etanol – ácido acético.
- (e) ácido acético – etanol – fenol.

11 UEM 2015 Assinale o que for **correto**.

- 01 Se compararmos moléculas com o mesmo número de átomos de carbono, podemos afirmar que o ponto de ebulição de álcoois é sempre menor do que o ponto de ebulição de cetonas.
- 02 Os fenóis são ácidos mais fortes do que os álcoois e, em solução alcalina, produzem o íon fenóxido.
- 04 O metil fenol é um ácido mais fraco do que o fenol.
- 08 Dadas duas soluções 0,01 mol/L de cada ácido monoprótico, a do ácido benzoico terá pH menor do que a do ácido 4-clorobenzoico.
- 16 Sabões e detergentes possuem grande cadeia polar e extremidade apolar, podendo formar colóides protetores ou emulsões quando misturados com água e óleo.

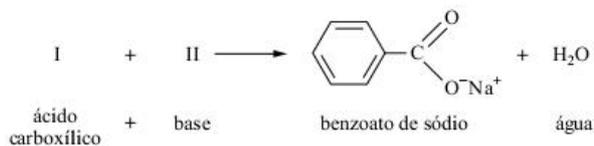
Soma =

12 UFSC 2015 O benzoato de sódio é um conservante bactericida e fungicida utilizado na indústria de bebidas e alimentos. A utilização de benzoato de sódio é permitida pela legislação brasileira (ANVISA, RDC n. 05, de 15/01/2007), sendo a concentração máxima de 0,05 g / 100 mL para bebidas não alcoólicas gaseificadas

e não gaseificadas. Sua presença em bebidas e alimentos pode ser considerada uma fonte de consumo de sódio.

Disponível em: <<http://www.nutramax.com.br/conservantes.html>>. Acesso em: 15 ago. 2014. (Adapt.)

Esquema reacional para a produção de benzoato de sódio:



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

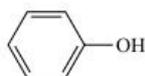
- 01 o composto I possui um átomo de hidrogênio ionizável e o composto II é o hidróxido de sódio.
- 02 para obter 9,0 g de benzoato de sódio, são necessários 6,0 g do composto I.
- 04 em uma garrafa contendo dois litros de refrigerante, a quantidade máxima permitida de benzoato de sódio é de um grama.
- 08 o ponto de fusão do benzoato de sódio é menor do que o do composto I.
- 16 o benzoato de sódio é um sal de ácido carboxílico obtido por meio de uma reação de neutralização.
- 32 no benzoato de sódio, ocorre ligação covalente entre o átomo de oxigênio e o de sódio.
- 64 o composto I é o ácido benzoico, cuja fórmula molecular é $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$.

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 Fuvest O fenol, substância de caráter ácido, tem a fórmula estrutural a seguir.

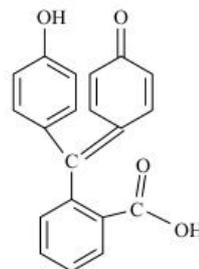


- a) Sob mesma pressão, o ponto de ebulição do fenol deve ser maior ou menor do que o do benzeno? Explique sua resposta.

- b) Escreva a equação da reação do fenol, atuando como doador de prótons, com amônia.
- c) A 25 °C, uma solução aquosa de fenol de concentração 1,0 mol/L apresenta pH = 5,0. Calcule o valor da constante de dissociação do fenol em água, a essa temperatura.

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 fenoltaleína na forma reduzida. O teste se baseia na oxidação da fenoltaleína 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 fenoltaleína na forma oxidada. Quais as funções químicas presentes em sua estrutura que podem agir como ácido de Brønsted-Lowry?



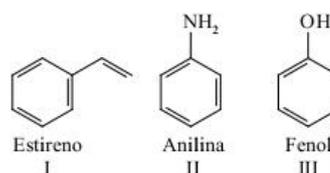
- b) Assumindo que todas as funções ácidas reagem no meio alcalino, desenhe a estrutura da espécie formada pela reação com NaOH, responsável pela coloração rosada.

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.

Caráter básico dos compostos orgânicos

17 Ufes Dados os compostos a seguir, pode-se afirmar que:



- (a) I é básico.
- (b) II é ácido.

- (c) III é básico.
 (d) III é ácido.
 (e) II é neutro.

18 UFPE Analisando a tabela a seguir, com valores de constantes de basicidade K_b , a 25 °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.

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	H_3C-CH_2-OH Etanol	$H_3C-C(=O)OH$ Ácido acético	H_3C-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 Puccamp A codeína (metilmorfina) é um analgésico utilizado como calmante da tosse. Sua fórmula molecular é $C_{18}H_{21}NO_3$ e sua massa molar é, aproximadamente, 300 g/mol. “A codeína tem propriedades...(X)... (sua solução aquosa saturada tem pH = 9,8) devido a conter na molécula o amino grupo ($R' - RN - CH_3$, R e R' o resto da molécula).

Reage com...(Y)... produzindo o sal $R' - HNR - CH_3Cl$.

Este quando puro, por hidrólise, produz uma solução de caráter...(Z)...”

Completa-se corretamente o texto anterior, substituindo-se X, Y e Z, respectivamente, por:

	X	Y	Z
(a)	básicas	HCl	ácido
(b)	básicas	NaOH	ácido
(c)	ácidas	NaOH	ácido
(d)	ácidas	HCl	básicos
(e)	ácidas	NaOH	básico

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

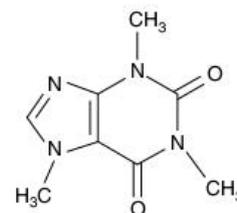
- I. CH_3-COOH
 II. CH_3-CH_2-OH
 III. $CH_3-CH_2-NH_2$
 IV. CH_3-CONH_2

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 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.

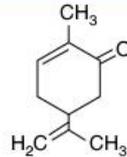
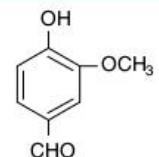
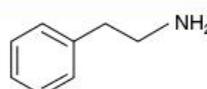
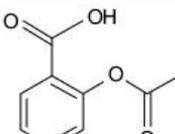
Dados: H = 1 g/mol; C = 12 g/mol; N = 14 g/mol; O = 16 g/mol



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 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) $[\text{H}_2\text{N}(\text{C}_6\text{H}_4)\text{COOCH}_2\text{CH}_4]^+$
 (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 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 classificadas como homogêneas.

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

“[...] É o amor

Que mexe com minha cabeça

E me deixa assim

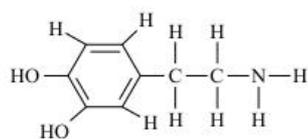
Que faz eu pensar em você e esquecer de mim [...]”

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.



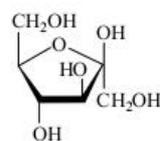
Estrutura química da dopamina

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 .

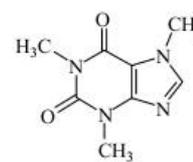
- Indique a ordem decrescente das constantes K_1 e K_2 e escreva a equação química que representa a ionização da etilamina em meio aquoso.
- Foram dissolvidos 2,25 g de etilamina em quantidade de água suficiente para o preparo de 500 mL de uma solução aquosa. Supondo que, sob determinada temperatura, esse soluto encontra-se 10% ionizado, determine a concentração de íons OH^- , em $mol L^{-1}$.

30 UFTM 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.

10

FRENTE 1

Polímeros

UIGO MONDALDO/SHUTTERSTOCK.COM



O neoprene 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 de 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.

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 classificados 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

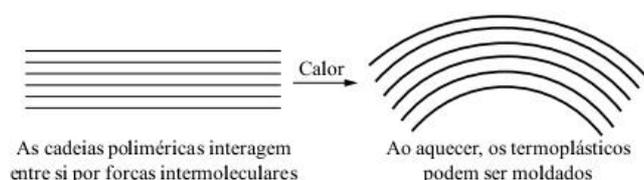
- **Polímeros naturais:** sintetizados por seres vivos, como a seda, utilizada na confecção de tecidos, ou a borracha natural, que foi extremamente importante para a economia do Brasil entre os anos de 1879 a 1912, com o ciclo da borracha.
- **Polímeros sintéticos:** obtidos industrialmente a partir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

Quanto ao comportamento mecânico

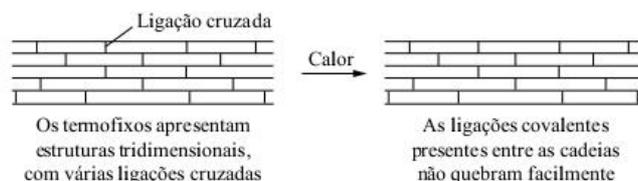
- **Plásticos:** do grego *plastikos*, que significa adequado à moldagem. São materiais moldáveis por extrusão (passagem forçada através de um orifício para que adquira forma alongada ou filamentosa).
- **Elastômeros:** apresentam elasticidade característica da borracha, podem sofrer determinada deformação 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.

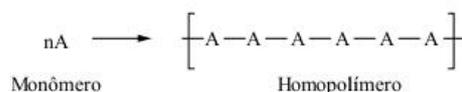


- **Termofixos ou termorrígidos:** polímeros de estrutura tridimensional que, após moldados, mantêm sua estrutura (não amolecem) mesmo com o aumento da temperatura. Se o aumento de temperatura for mais intenso, eles sofrem decomposição.

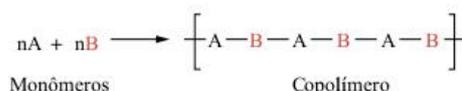


Quanto à composição

- **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.



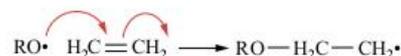
Quanto ao método de síntese

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

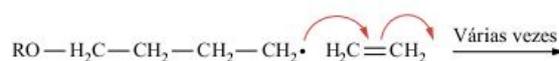
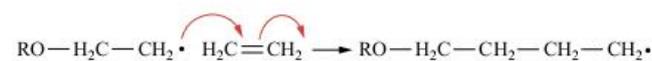
Polímeros de adição

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•). Esse radical quebra a ligação π (pi) entre carbonos, e um elétron dessa ligação emparelha-se com um elétron do radical R—O•, 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).

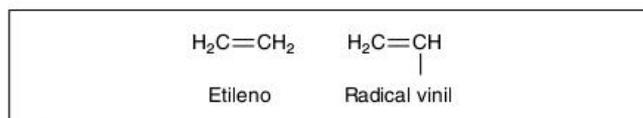


Fig. 1 Fórmula do etileno e do radical vinil.

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 Fig. 2:

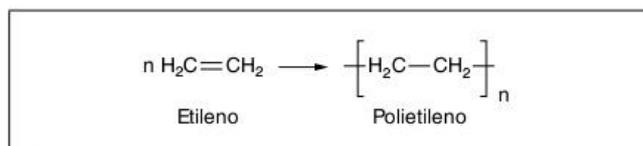


Fig. 2 Polimerização do etileno.

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 (Fig. 3) etc.



Fig. 3 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.



Fig. 4 Sacolas de PEBD.

Polipropileno (PP)

Formado a partir do propeno (propileno), o polipropileno é o segundo polímero mais fabricado no mundo (Fig. 5). 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.

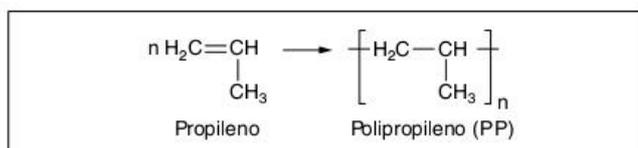


Fig. 5 Formação do polipropileno (PP).

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 (Fig. 6), peças moldadas, como bandejas, prateleiras, entre outros.



Fig. 6 Painel de automóvel.

Policloreto de vinila (PVC)

É formado a partir da polimerização do cloreto de vinila, conforme representado na Fig. 7.

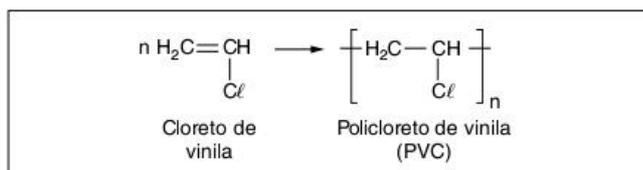


Fig. 7 Formação do PVC.

O policloreto de vinila (PVC) é o terceiro polímero mais utilizado no mundo. É um homopolímero termoplástico usado na fabricação de tubos para encanamentos (Fig. 8), pisos plásticos, isolantes elétricos, couro sintético, embalagens etc.



Fig. 8 Tubos de PVC.

Politetrafluoretileno (PTFE) (Teflon)

O teflon é um homopolímero termoplástico formado pela polimerização do tetrafluoretileno, conforme representado na Fig. 9.

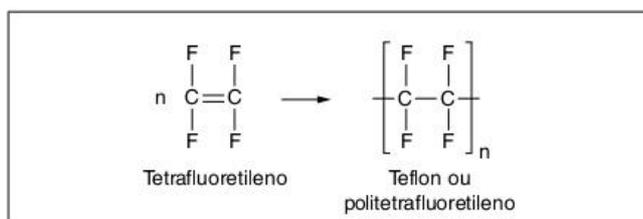


Fig. 9 Formação do teflon.

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 (Fig. 10), isolante elétrico, fitas de vedação (Fig. 11), engrenagens secas e próteses humanas.



Fig. 10 Frigideiras com revestimento de teflon.



Fig. 11 Fita de vedação (veda-rosca) de teflon.

Poliestireno (PS)

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

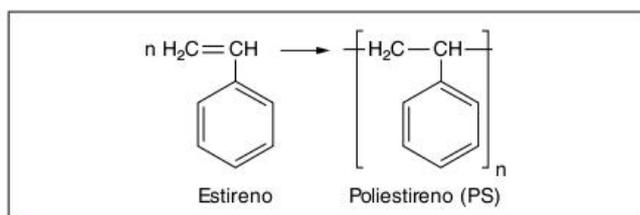


Fig. 12 Formação do poliestireno (PS).

O poliestireno é utilizado na fabricação de copos, pratos e talheres descartáveis (Fig. 13), gabinetes de computador, caixas de CD, cartões de crédito, seringas e mamadeiras.



Fig. 13 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, acondicionamento de eletrodomésticos, lajes de construção etc.



Fig. 14 Embalagens de isopor.



Fig. 15 Placa de isopor.

Poliacetato de vinila (PVA)

Trata-se de um homopolímero termoplástico formado a partir da polimerização do acetato de vinila (Fig. 16).

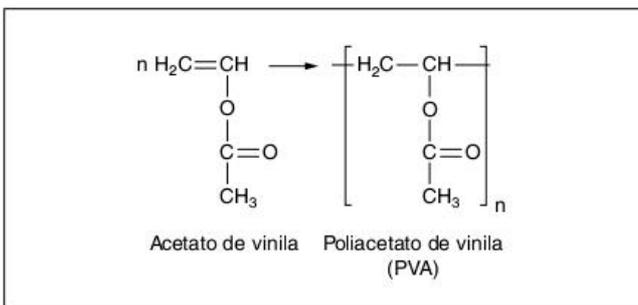


Fig. 16 Formação do poliacetato de vinila (PVA).

O PVA é utilizado na fabricação de diversas colas, como cola branca (Fig. 17) e cola de madeira, gomas de mascar (Fig. 18) e tintas.



Fig. 17 Cola branca.



Fig. 18 Goma de mascar.

Polímeros acrílicos

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

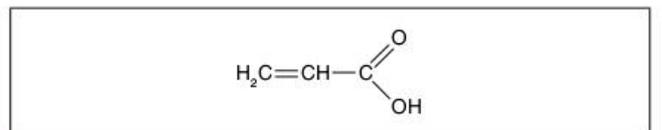


Fig. 19 Fórmula estrutural do ácido acrílico (ácido propenoico).

Poliacrilonitrila (lã sintética)

Homopolímero que pertence ao grupo dos polímeros acrílicos, pois seu monômero (acrilonitrila) é uma nitrila que deriva do ácido acrílico (Fig. 20).

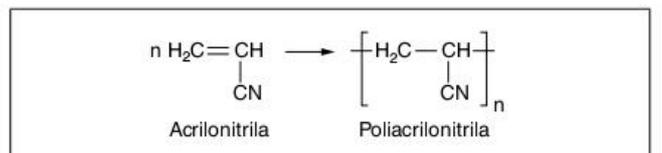


Fig. 20 Formação da poliacrilonitrila.

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 (Fig. 21), carpetes, malhas de inverno (Fig. 22) e cobertores.



Fig. 21 Tapetes de poliacrilonitrila.



Fig. 22 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) (Fig. 23).

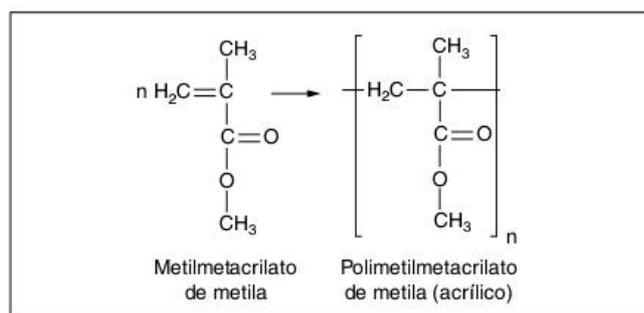


Fig. 23 Formação do acrílico.

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 (Fig. 24), lanternas de carros, janelas transparentes, enfeites (Fig. 25) etc.



Fig. 24 Viseira de capacete produzida com acrílico.



Fig. 25 Enfeite produzido com acrílico.

Poliacrilato de sódio

O poliacrilato de sódio é obtido por meio da hidrólise básica (saponificação) das funções ésteres do poliacrilato de metila (Fig. 26), que é um homopolímero termoplástico obtido pela polimerização do acrilato de metila (Fig. 27).

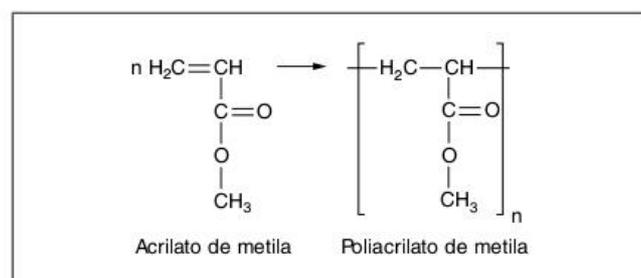


Fig. 26 Formação do poliacrilato de metila.

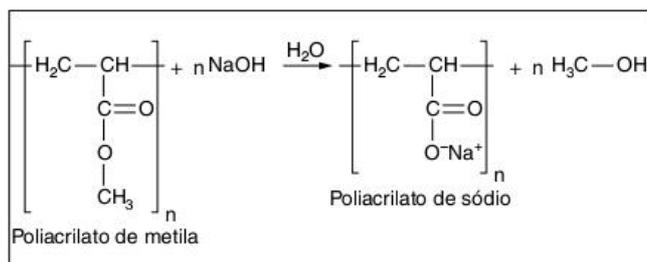


Fig. 27 Hidrólise básica do poliácrlato de metila.

A principal aplicação do poliácrlato de sódio é como material absorvente em fraldas descartáveis (Fig. 28) e absorventes íntimos, pois a presença de íons em sua estrutura atrai as moléculas de água, que ficam retidas na cadeia polimérica.



Fig. 28 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 Fig. 29.

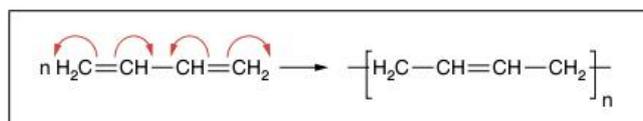


Fig. 29 Polimerização com adição-1,4.

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*).

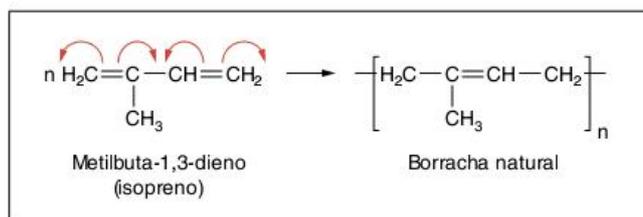


Fig. 30 Formação da borracha natural.

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



Fig. 31 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. Um exemplo é sua baixa resistência à 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 (Fig. 32) e nas borrachas de uso escolar (Fig. 33).



Fig. 32 Luva de látex.



Fig. 33 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.

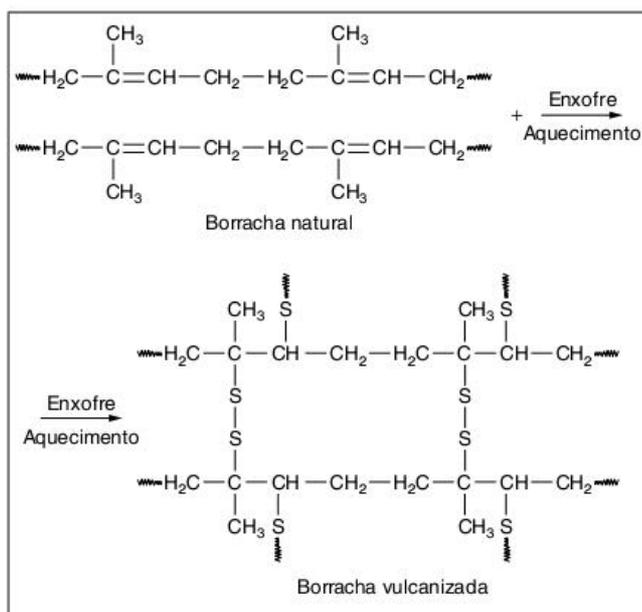


Fig. 34 Vulcanização da borracha.

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 (Fig. 35), representando 1/3 da matéria-prima desse objeto no mundo.



Fig. 35 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 (Fig. 36).

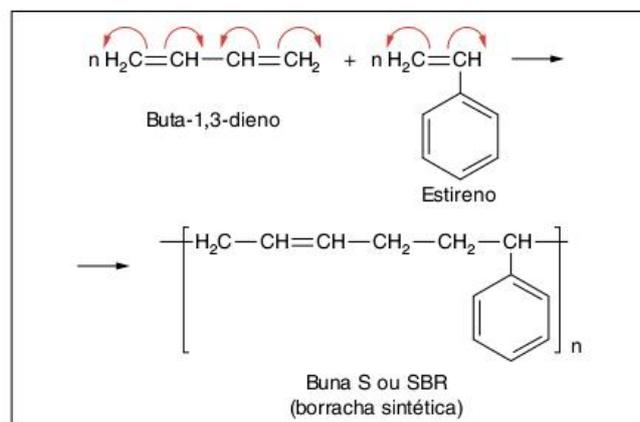


Fig. 36 Formação do SBR.

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).

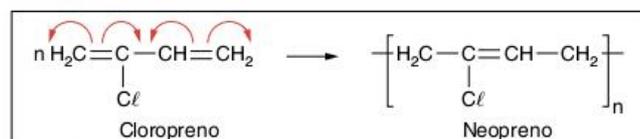


Fig. 37 Formação do neopreno.

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 (Fig. 38), em peças para indústria automobilística, em acessórios e em materiais promocionais.



Fig. 38 Roupas de neoprene.

Polímeros condutores

Esses polímeros são formados por cadeias contendo duplas ligações conjugadas, permitindo, assim, o fluxo de elétrons em condições específicas.

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)	

Os polímeros condutores são geralmente chamados “metais sintéticos”, por apresentarem propriedades elétricas, magnéticas e ópticas de metais e semicondutores.

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).

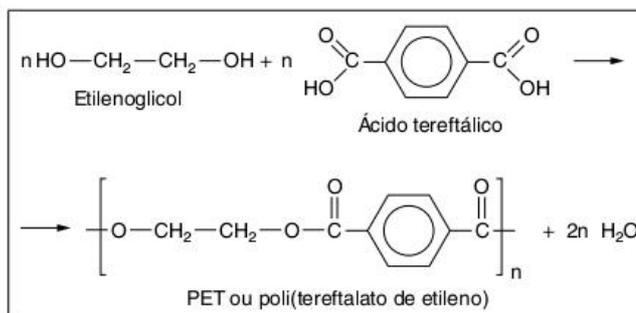


Fig. 39 Formação do PET.

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 (Fig. 40). Se misturado com algodão, forma um tecido conhecido como tergal.



Fig. 40 Garrafas de água feitas de PET.

Polilactato (PLA)

Homopolímero formado pela polimerização do ácido láctico, conforme representado na Fig. 41.

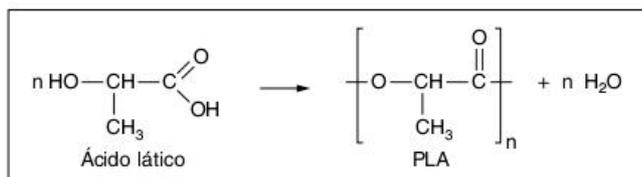


Fig. 41 Formação do polilactato (PLA).

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

Poliamidas

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 (Fig. 42).

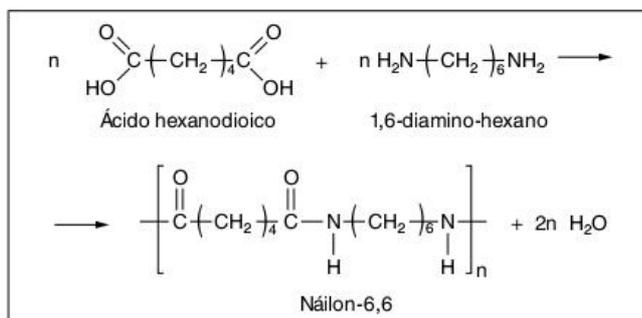


Fig. 42 Formação do náilon-6,6.

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

As poliamidas 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 (Fig. 43).

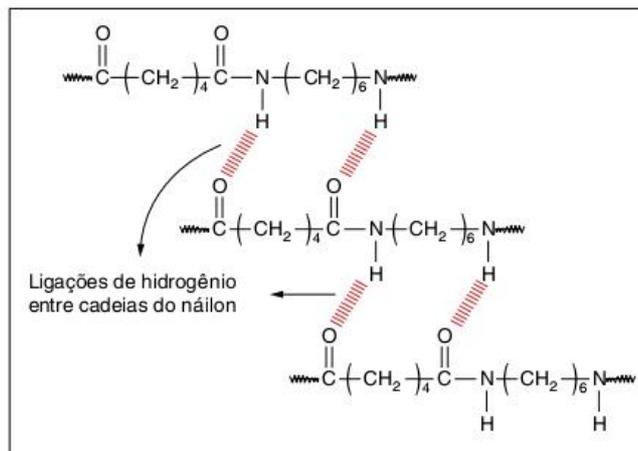


Fig. 43 Ligações de hidrogênio entre as cadeias do náilon.

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).

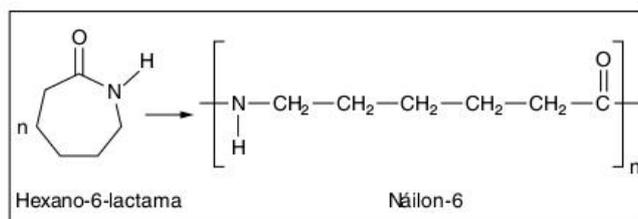


Fig. 44 Formação do náilon-6.

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 (Fig. 45), cordas (Fig. 46), engrenagens, cerdas de escovas, paraquedas e velas de barco.



Fig. 45 Linhas de pesca de náilon.



Fig. 46 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*-benzenodiolo).

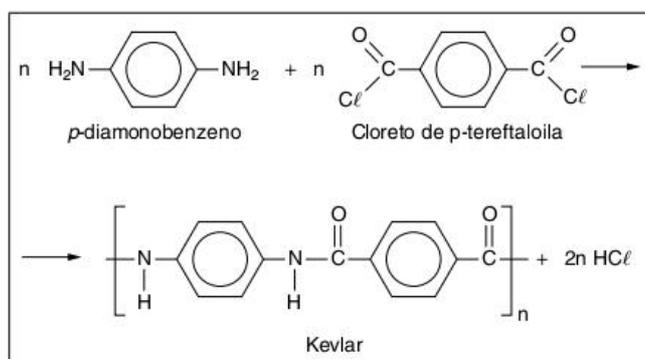


Fig. 47 Formação do Kevlar.

A grande resistência do Kevlar é em razão da 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 (Fig. 48).

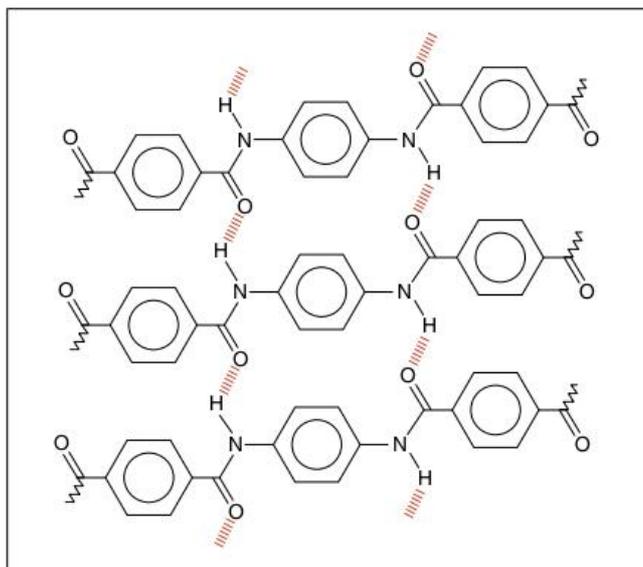


Fig. 48 Ligações de hidrogênio do Kevlar.

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 (Fig. 49), roupas e luvas protetoras de calor e chamas utilizadas por bombeiros, na fabricação de esquis e pranchas de *snowboard* (Fig. 50).



Fig. 49 Coletes à prova de balas.



Fig. 50 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 Fig. 51.

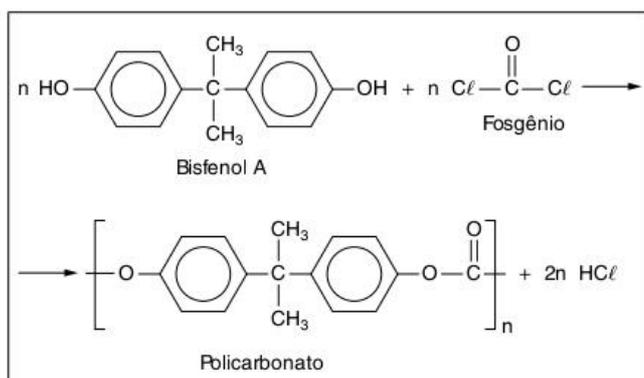


Fig. 51 Formação do policarbonato.

Para melhor visualização do grupo carbonato, a Fig. 52 ilustra dois resíduos de monômeros de policarbonato conectados.

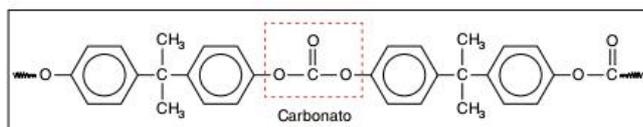


Fig. 52 Estrutura do policarbonato.

Os policarbonatos são transparentes e apresentam uma excepcional resistência a impactos. Essas características fazem com que sejam utilizados na fabricação de CDs, garraões de água usados em bebedouros, escudos de proteção (Fig. 53), janelas de avião (Fig. 54), lentes de óculos e nos chamados vidros à prova de balas.



Fig. 53 Escudo de policarbonato.



Fig. 54 Janela de avião feita de policarbonato.

Baqelite

Polifenol obtido pela polimerização do fenol com o metanal (aldeído fórmico), conforme Fig. 55.

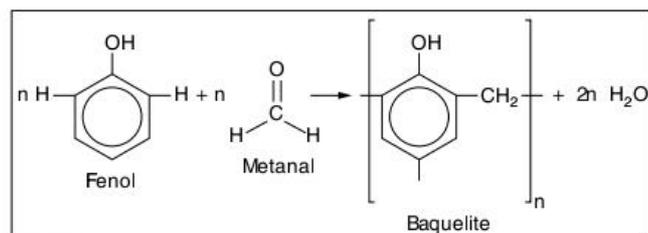


Fig. 55 Formação da baquelite.

A reação de substituição que ocorre pode ser melhor visualizada na Fig. 56.

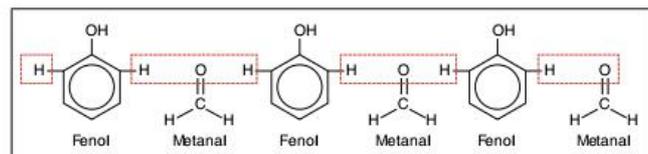


Fig. 56 Reação de substituição que ocorre na produção da baquelite.

Como o grupo hidroxila (-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** (Fig. 57) e, conseqüentemente, **termofixo**, que deve ser moldado logo após a polimerização.

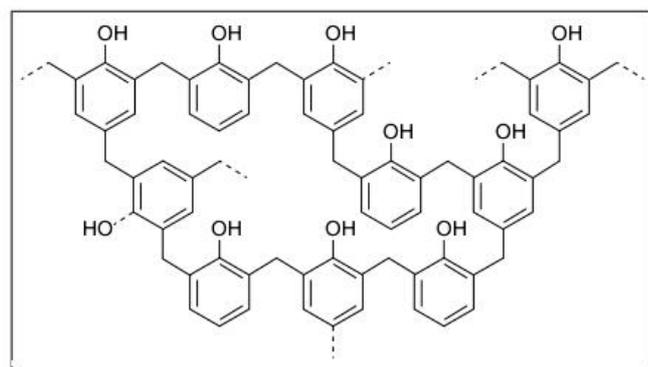


Fig. 57 Estrutura tridimensional da baquelite.

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 de painéis (Fig. 58), materiais elétricos, como tomadas e interruptores, e aparelhos de telefone (Fig. 59).

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



Fig. 58 Cabos de panela feito de baquelite.



Fig. 59 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 etileno-glicol (Fig. 60).

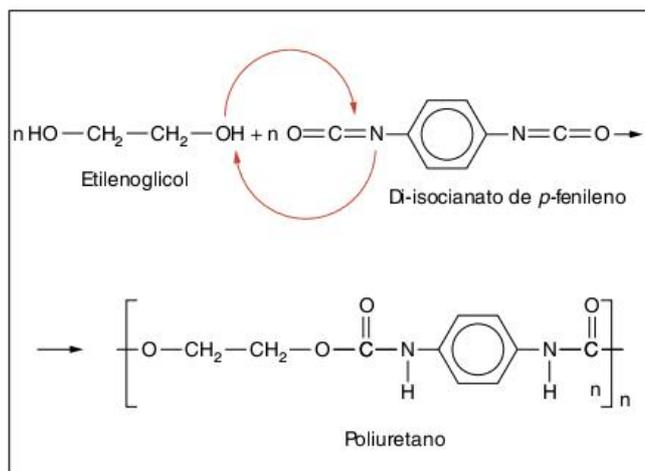


Fig. 60 Formação do poliuretano.

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 (Fig. 61), que têm diversas aplicações, como em colchões, espumas de forração, isolantes térmico e acústico (Figs. 62 e 63).

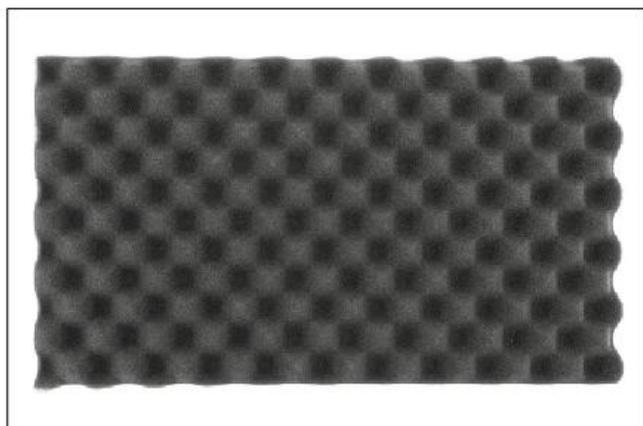


Fig. 61 Espuma de poliuretano.



Fig. 62 Espuma de poliuretano usada como isolante.



Fig. 63 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 (Fig. 64).

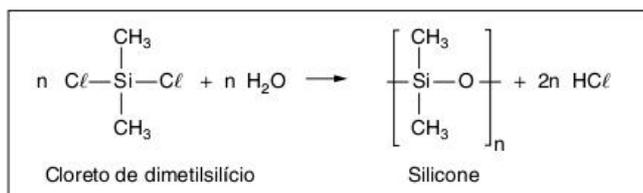


Fig. 64 Formação de silicone.

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 (Fig. 65 e Fig. 67), chupetas e bicos de mamadeiras, na produção de formas utilizadas na culinária (Fig. 66), brinquedos, produtos de impermeabilização etc.



Fig. 65 Próteses de mama feitas de silicone.



Fig. 67 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.

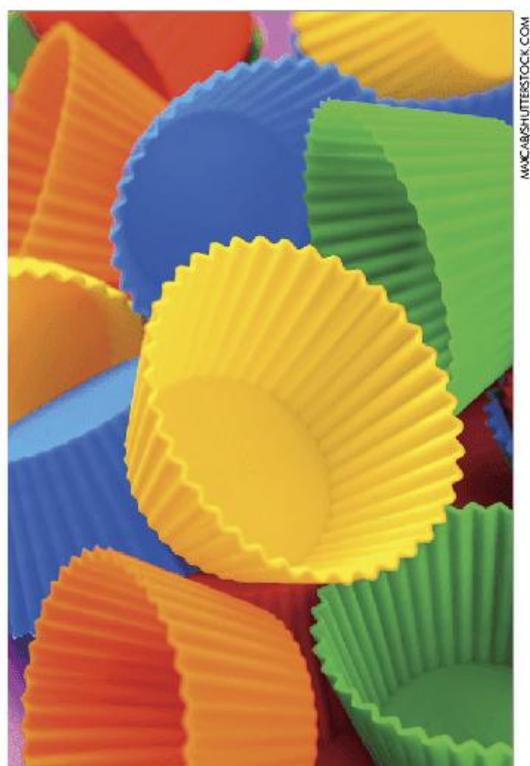


Fig. 66 Formas de silicone.

 1 PET Polietileno Tereftalato	 2 PEAD Polietileno de Alta Densidade
 3 V Policloreto de Vinila	 4 PEBD Polietileno de Baixa Densidade
 5 PP Polipropileno	 6 PS Poliestireno
 7 OUTROS	

Revisando

1 Polímeros são _____ formadas pela união de muitas moléculas menores denominadas _____

2 Os dois principais tipos de polímeros são classificados quanto ao tipo de reação que os produz, são os polímeros de _____ e os de _____

3 Polímeros formados por um único tipo de monômero são ditos _____. Polímeros formados por dois tipos de monômeros são ditos _____

4 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.

a) Vinílicos:

b) Acrílicos:

c) Diênicos:

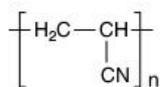
6 Os polímeros PE e PP são produzidos a partir da polimerização do etileno (eteno) e do propileno (propeno), respectivamente.

a) Escreva a equação da reação de polimerização na obtenção do polímero PP.

b) 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.

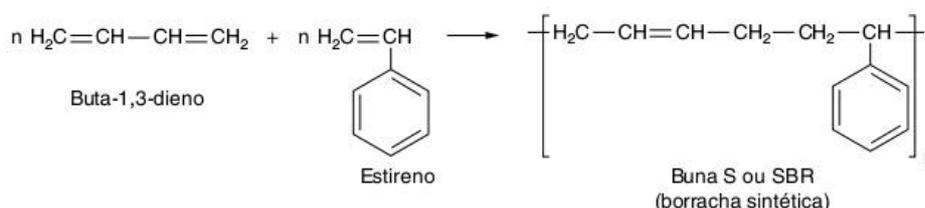
8 A poliacrilonitrila é um homopolímero de adição que pode ser empregado na obtenção de fibras utilizadas em substituição à lã natural para a produção de tapetes, carpetes, malhas de inverno e cobertores. Sua estrutura pode ser representada por:



Poliacrilonitrila

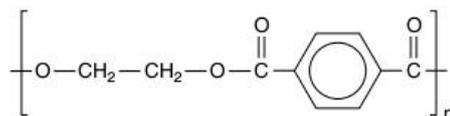
Represente a estrutura do monômero (acrilonitrila) que dá origem à poliacrilonitrila.

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

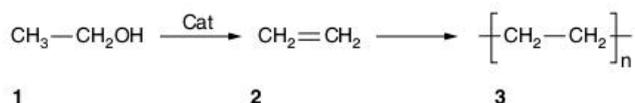
Polímeros de adição

1 Unifesp Novos compósitos, que podem trazer benefícios ambientais e sociais, estão sendo desenvolvidos por pesquisadores da indústria e por universidades. A mistura de polietileno reciclado com serragem de madeira resulta no compósito “plástico-madeira”, com boas propriedades mecânicas para uso na fabricação de móveis. Com relação ao polímero utilizado no compósito “plástico-madeira”, é **correto** afirmar que seu monômero tem fórmula molecular:

- C_2H_4 e trata-se de um copolímero de adição.
- C_2H_4 e trata-se de um polímero de adição.
- C_2H_4 e trata-se de um polímero de condensação.
- C_2H_2 e trata-se de um polímero de adição.
- C_2H_2 e trata-se de um copolímero de condensação.

2 Unioeste 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

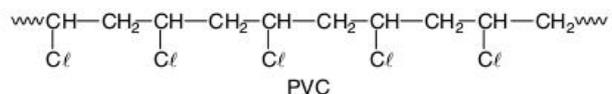
situação. Entre eles podemos destacar a aplicação do polietileno verde em substituição ao polietileno obtido do petróleo. O plástico verde é fabricado a partir do etanol (reação mostrada a seguir) da cana-de-açúcar e é 100% de matéria-prima renovável. O emprego do polímero verde é uma alternativa para o uso do produto em embalagens.



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

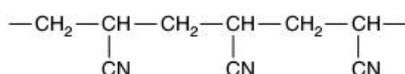
- (a) são reações que levam à formação de um produto final (produto 3) insaturado.
- (b) o composto 1 tem um C com hibridização sp^3 e os compostos 2 e 3 têm hibridização sp^2 .
- (c) o composto 1 é um enol, o composto 2 um alceno.
- (d) o composto 2 apresenta isomeria *cis-trans*.
- (e) as reações que ocorrem são de desidratação e polimerização.

3 UFPI O PVC (policloreto de vinila), cuja estrutura parcial é dada a seguir, é um dos principais plásticos utilizados na fabricação de tubulações hidráulicas. Escolha a alternativa que apresenta a estrutura do material de partida para a produção do PVC.



- (a)
- (b)
- (c)
- (d)
- (e)

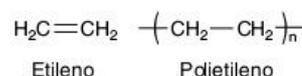
4 Fatec Orlon, uma fibra sintética, é obtido da polimerização por adição de um dado monômero, e tem a estrutura a seguir:



O monômero utilizado na síntese desse polímero é:

- (a) $\text{CH}_3-\underset{\text{CN}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$
- (b) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CN}$
- (c) $\text{CH}_2=\text{CH}_2$
- (d) CH_3-CN
- (e) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$

5 CFTMG 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.



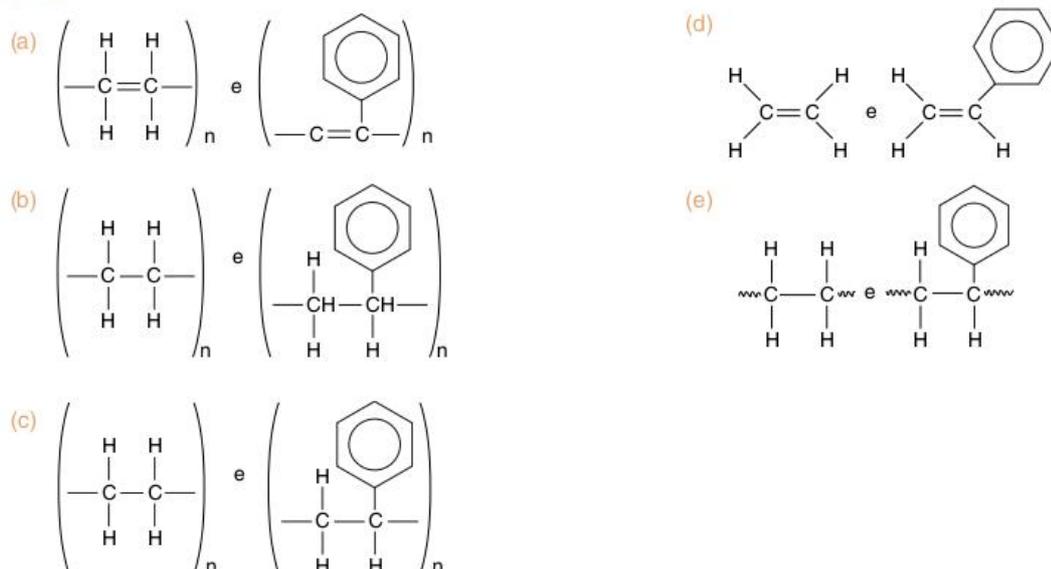
Em relação às estruturas, é **correto** afirmar que

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

6 FGV O polipropileno (PP), um termoplástico *commodity*, é uma das resinas que apresentou maior crescimento no consumo, nos últimos anos, devido à sua grande versatilidade em inúmeras aplicações. O monômero utilizado para obtenção do PP está representado na alternativa:

- (a)
- (b)
- (c)
- (d)
- (e)

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	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \sim\text{C}-\text{C}\sim \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	Fabricação de recipientes (sacos, garrafas, baldes), brinquedos infantis, no isolamento de fios elétricos etc.
Polipropileno	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \sim\text{CH}-\text{CH}_2\sim \end{array}$	Fabricação de artigos moldados e fibras.
Policloreto de vinila	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \sim\text{C}-\text{C}\sim \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{Cl} \end{array}$	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.
Poliestireno	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \sim\text{C}-\text{C}\sim \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	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	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C}=\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{C}=\text{O} \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{O}-\text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \sim\text{C}-\text{C}\sim \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{C}=\text{O} \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$	Muito usado como vidro plástico. É muito empregado na fabricação de lentes para óculos infantis, em para-brisas de aviões etc.
Poli-isopreno	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C}=\text{C}-\text{CH}=\text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H}_3\text{C} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \sim\text{C}-\text{C}=\text{CH}-\text{C}\sim \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	Este polímero possui a mesma fórmula da borracha natural (látex) e é muito empregado na fabricação de carcaças de pneus.

Alguns exemplos de polímeros e dos monômeros de que são derivados.

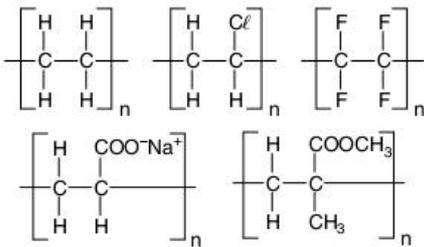
8 UEPB 2012 Julgue as afirmativas a seguir:

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

9 Fuvest 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. (d) poli(cloreto de vinila).
 (b) poli(acrilato de sódio). (e) politetrafluoroetileno.
 (c) poli(metacrilato de metila).

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

Polímero	Estrutura química	Usos
X	$(-CH_2-CH_2-)_n$	Isolante elétrico, fabricação de copos, sacos plásticos, embalagens de garrafas.
Y	$(-CH_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-)_n$	Fibras, fabricação de cordas e de assentos de cadeiras.
Z	$(-CH_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-)_n$	Embalagens descartáveis de alimentos, fabricação de pratos, matéria-prima para fabricação do isopor.
W	$(-CH_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-)_n$	Acessório de tubulações, filmes para embalagens.

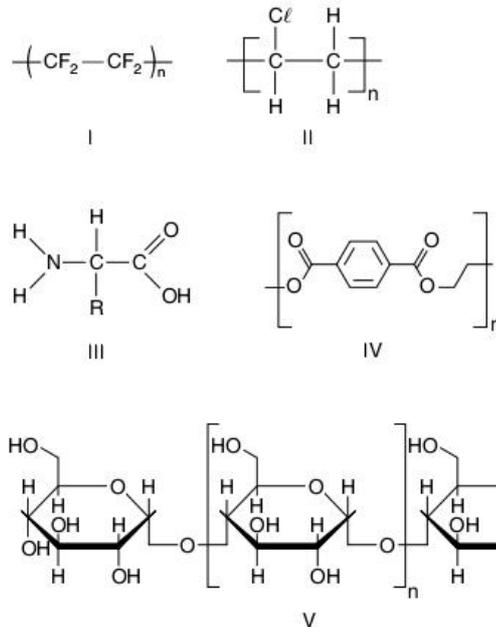
Polipropileno, poliestireno e polietileno são, respectivamente, os polímeros:

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

11 UPE-SSA 3 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:

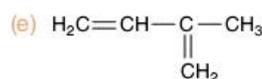
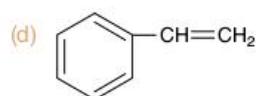
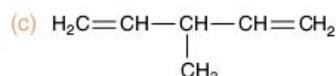
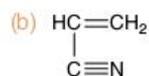
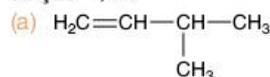


Assinale a alternativa que corresponde aos polímeros utilizados na preparação desse hambúrguer de picanha.

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

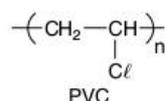
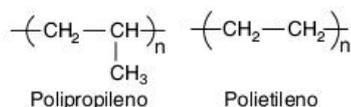
12 Mackenzie 2012 Os polímeros são macromoléculas sintéticas ou naturais formados por unidades estruturais menores denominadas monômeros. O processo de polimerização

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 poli-isopreno, 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



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.

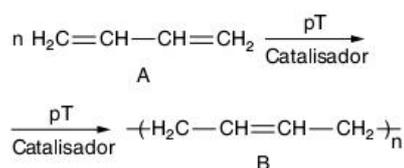
Com base neste critério, dentre os polímeros de fórmulas gerais



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 UFPB O aumento nas vendas de veículos acarreta uma maior produção de borracha sintética, matéria-prima na fabricação de pneus. A seguir está apresentada uma reação de polimerização da borracha sintética.



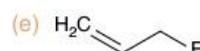
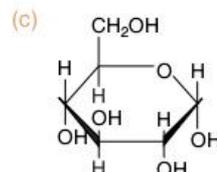
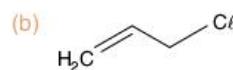
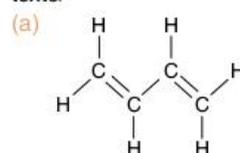
Acerca dessas informações, identifique as afirmativas corretas:

- O composto **A** é o buta-1,3-dieno.
- O composto **B** é um biopolímero.
- A reação de polimerização consiste na união de vários monômeros.
- O composto **B** é um polímero de adição.
- A combustão do composto **A** forma álcool e água.

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.

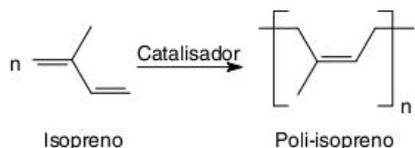


16 FGV Charles Goodyear descobriu, no século XIX, um novo processo, deixando cair borracha e enxofre casualmente no fogo. Essa matéria-prima é utilizada na fabricação de pneus. Um dos grandes problemas ambientais da atualidade é o destino dos pneus usados. O uso de pneus na composição do asfalto de ruas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

- (a) combustão.
- (b) destilação.
- (c) sinterização.
- (d) ustulação.
- (e) vulcanização.

17 UEL A borracha natural é obtida de *Hevea brasiliensis*, espécie arbórea comumente chamada de seringueira, de onde é extraído o "látex". O "látex" é uma solução rica em isopreno, que, sob a ação de um catalisador presente na

seringueira, produz a borracha natural, como mostrado na equação a seguir.



As cadeias poliméricas da borracha natural, após serem submetidas a tensões de alongamento moderadas, voltam à sua conformação original, porém, em dias muito frios, perdem essa propriedade, tornando-se quebradiças. Esse fato limitou sua utilização, até que por volta de 1930 Charles Goodyear descobriu que o aquecimento de borracha natural na presença de enxofre produz, mediante uma reação de adição, um material bastante elástico e insensível a variações ordinárias de temperatura. Esse processo foi denominado vulcanização em referência a Vulcano, o deus do fogo.

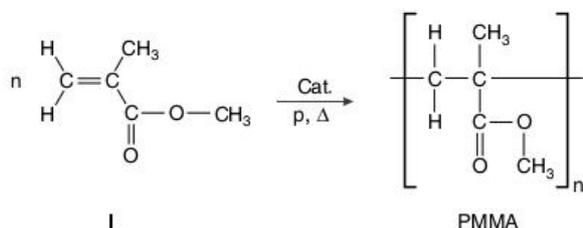
Com base nas informações apresentadas, é **incorreto** afirmar:

- (a) o número de átomos de hidrogênio no isopreno é igual a 8.
- (b) a reação de adição se processa na dupla ligação.
- (c) o isopreno pode ser denominado 2-metil-1,3-butadieno.
- (d) o isopreno é uma molécula insaturada.
- (e) poli(isopreno) é inerte ao $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$.

18 UFSC 2017

Funcionárias passam mal após inalar poli(metimetacrilato)

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(metimetacrilato) 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(metimetacrilato) – 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/agaoas/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 Unimontes 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:

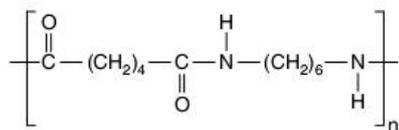
- (a) os termoplásticos e os termorrígidos.
- (b) apenas os termoplásticos.
- (c) os termoplásticos e os elastômeros.
- (d) apenas os elastômeros.

20 FMJ 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.

Polímeros de condensação

21 FGV 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.

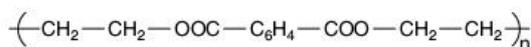


Esse polímero é produzido a partir da reação do ácido hexanodioico com a 1,6-diamino-hexano, formando-se também água como subproduto.

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

22 Ufal O plástico conhecido como PET (polietilenotereftalato) pode ser representado por:



Na sua obtenção, ácido tereftálico ($\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$) reage com um diálcool, havendo eliminação de água. Esse diálcool deve ser o:

- (a) 1,4-butanodiol.
- (b) benzol.
- (c) *p*-difenol.
- (d) 1,3-propilenoglicol.
- (e) etilenoglicol.

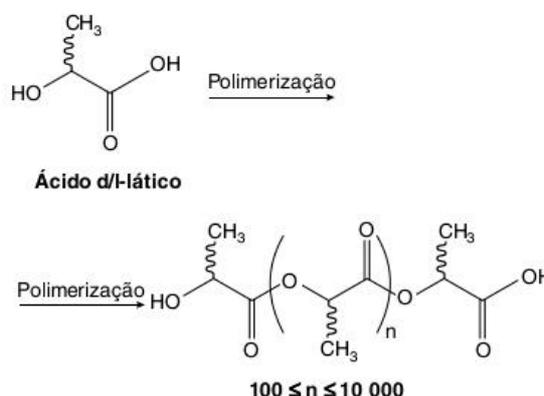
23 UEMA 2015 Um dos principais ramos industriais da química é o segmento petroquímico. A partir do eteno, obtido da nafta derivada do petróleo ou diretamente do gás natural, a petroquímica dá origem a uma série de matérias-primas que permite ao homem fabricar novos materiais, substituindo com vantagens a madeira, peles de animais e outros produtos naturais. O plástico e as fibras sintéticas são dois desses produtos. O polietileno de alta densidade (PEAD), o polietileno tereftalato (PET), o polipropileno (PP), e o policloreto de vinila (PVC) são as principais resinas termoplásticas. Nas empresas transformadoras, essas resinas darão origem a autopeças, componentes para computadores e para a indústria aeroespacial e eletroeletrônica, a garrafas, calçados, brinquedos, isolantes térmicos e acústicos... Enfim, a tantos itens que fica difícil imaginar o mundo, hoje, sem o plástico, tantas e tão diversas são as suas aplicações.

Fonte: Disponível em: <<http://atividadesdeciencias.blogspot.com.br>>. Acesso em: 16 jun. 2014.

As substâncias em destaque são exemplos de

- (a) amidos.
- (b) celulose.
- (c) proteínas.
- (d) ácidos nucleicos.
- (e) polímeros sintéticos.

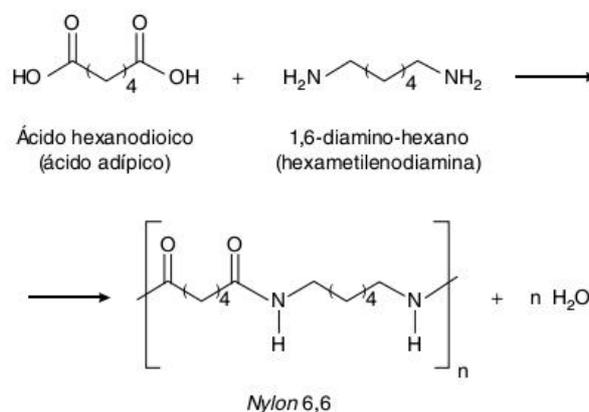
24 Enem PPL 2015 O poli(ácido láctico) ou PLA é um material de interesse tecnológico por ser um polímero biodegradável e bioabsorvível. O ácido láctico, um metabólito comum no organismo humano, é a matéria-prima para produção do PLA, de acordo com a equação química simplificada:



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.

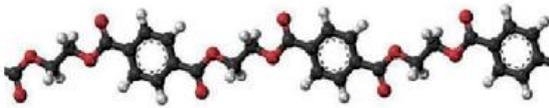


Na época da invenção desse composto, foi proposta uma nomenclatura comercial, baseada no número de átomos de carbono do diácido carboxílico, seguido do número de carbonos da diamina.

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

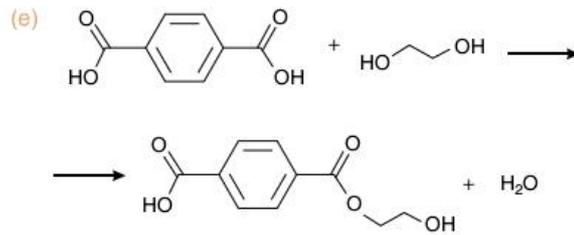
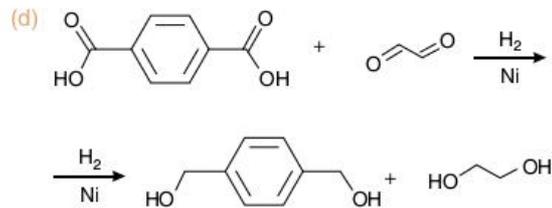
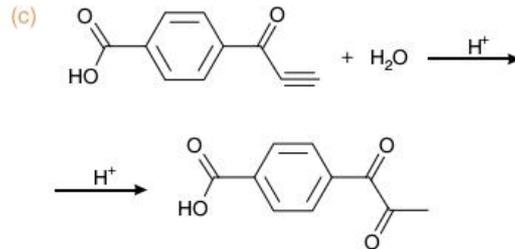
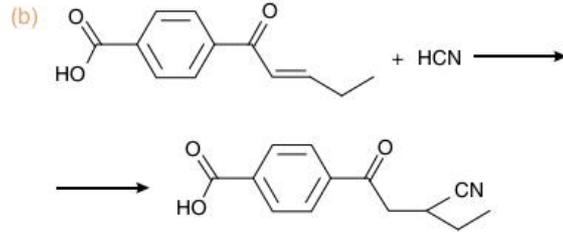
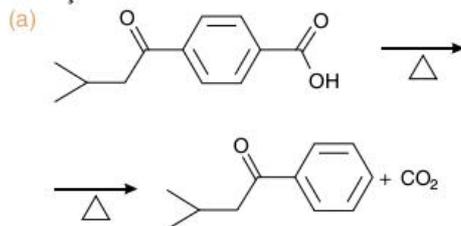
26 PUC-SP 2014 O polietileno tereftalato (PET) é um polímero de larga aplicação em tecidos e recipientes para bebidas gaseificadas. A seguir temos uma possível representação para a sua estrutura:



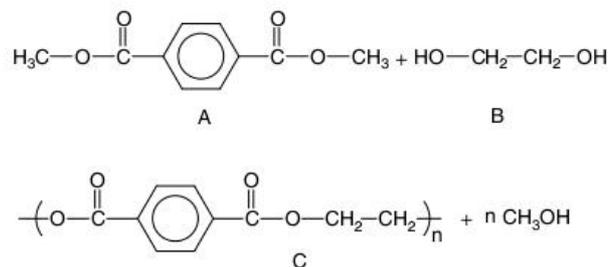
Assinale a alternativa que apresenta os dois monômeros que podem ser utilizados diretamente na síntese do polietileno tereftalato.

- (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 Cefet-MG 2015 O PET é um polímero de grande importância comercial, sintetizado por meio de reações de substituição. Atualmente é conhecido como o principal material que compõe a embalagem plástica de refrigerantes. Entre as sínteses parciais a seguir, aquela que corresponde à obtenção do PET é



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 poliadicação de monômeros vinílicos.

29 UEM 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.

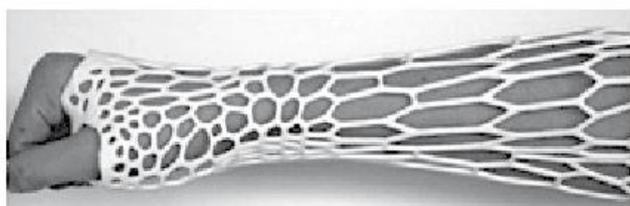
Soma =

30 UEM 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.

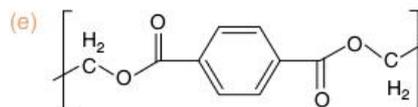
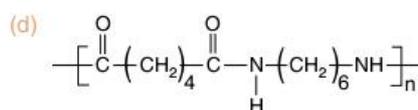
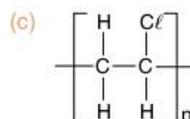
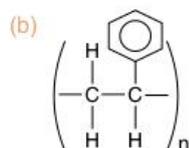
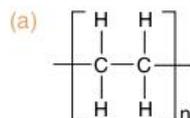
Soma =

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.



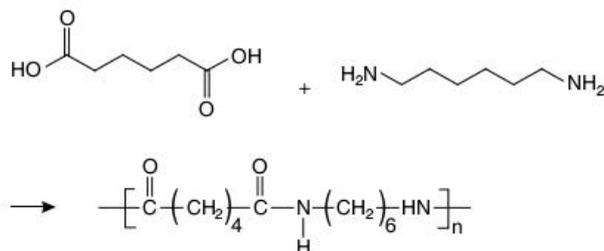
Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/peca-impressa-em-3d-substitui-gesso-usado-em-fraturas>>. (Adapt.)

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.

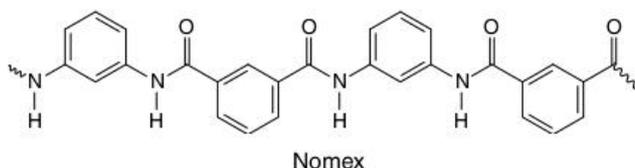


Fonte: <<http://www.mundoeducacao.com/quimica/nylon-um-polimero-resistente.htm>>. Acesso: 1 abr. 2014.

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

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

33 **UFC** Determinadas substâncias macromoleculares, usadas na fabricação de fibras têxteis, fios, membranas de desalinizadores de águas etc. são obtidas através de reação de condensação (com eliminação de H_2O sob aquecimento e pressão) de dois compostos (monômeros). Uma dessas macromoléculas, identificada pelo nome de Nomex, tem a estrutura mostrada a seguir.



Assinale a alternativa que indica corretamente os tipos de compostos necessários para a obtenção do Nomex.

- (a) Diácido e diálcool.
- (b) Diéster e diálcool.
- (c) Di-haleto e diéster.
- (d) Diácido e diamina.
- (e) Disfenol e diamina.

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

- (a) politereftalato de etileno – polietileno – policloreto de vinila – poliestireno.
- (b) polietileno – polipropileno – polibutadieno – poliestireno.
- (c) policarbonato – plástico verde – poliuretano – polipropileno.
- (d) álcool polivinílico – PET – celulose – poliamida.
- (e) poliéster – polimetilmetacrilato – silicone – poli-isopreno.

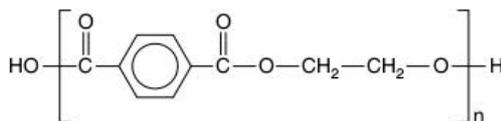
35 **Enem PPL 2013** Garrafas PET (politereftalato de etileno) têm sido utilizadas em mangues, onde as larvas de ostras e de mariscos, geradas na reprodução dessas espécies, aderem ao plástico. As garrafas são retiradas do manguê, limpas daquilo que não interessa e colocadas nas "fazendas" de criação, no mar.

GALEMBECK, F. *Ciência Hoje*, São Paulo, v. 47, n. 280, abr. 2011 (Adapt.)

Nessa aplicação, o uso do PET é vantajoso, pois

- (a) diminui o consumo de garrafas plásticas.
- (b) possui resistência mecânica e alta densidade.
- (c) decompõe-se para formar petróleo a longo prazo.
- (d) é resistente ao sol, à água salobra, a fungos e bactérias.
- (e) é biodegradável e poroso, auxiliando na aderência de larvas e mariscos.

36 **Enem 2013** O uso de embalagens plásticas descartáveis vem crescendo em todo o mundo, juntamente com o problema ambiental gerado por seu descarte inapropriado. 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.



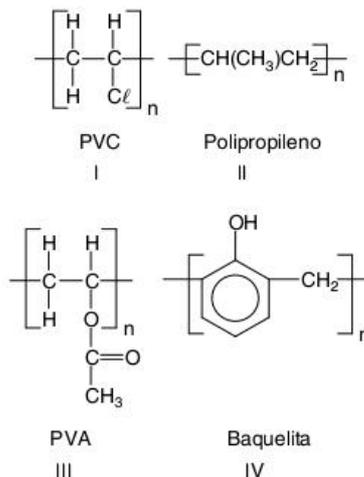
Disponível em: <www.abipet.org.br>. Acesso em: 27 fev. 2012 (Adapt.)

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

- (a) solubilização dos objetos.
- (b) combustão dos objetos.
- (c) trituração dos objetos.
- (d) hidrólise dos objetos.
- (e) fusão dos objetos.

37 **Fatec** 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.

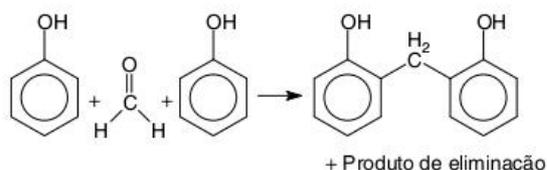
A seguir, são dadas as estruturas moleculares de alguns compostos.



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

- (a) todos são polímeros termoplásticos.
- (b) I e II são polímeros termofixos.
- (c) I e IV são polímeros termoplásticos.
- (d) III e IV são polímeros termoplásticos.
- (e) apenas IV é um polímero termofixo.

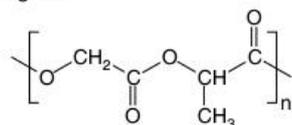
38 Puccamp A baquelite ainda é bastante utilizada em utensílios domésticos e materiais elétricos. É polímero de condensação, formado pela reação de fenol com formaldeído, ocorrendo “eliminação” de uma substância composta.



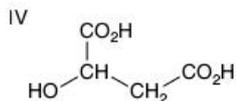
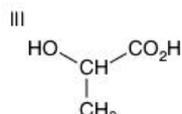
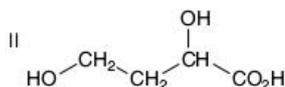
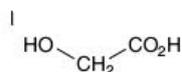
O produto de eliminação, indicado na equação anterior, é:

- (a) o etanol. (d) o próprio fenol.
 (b) o gás carbônico. (e) o próprio formaldeído.
 (c) a água.

39 Fuvest 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:



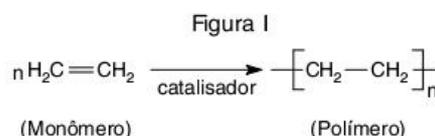
Dentre os seguintes compostos os que dão origem ao copolímero citado são:



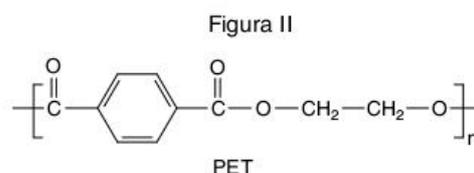
- (a) I e III.
 (b) II e III.
 (c) III e IV.
 (d) I e II.
 (e) II e IV.

40 UFRJ Um dos maiores problemas ambientais da atualidade é o do lixo urbano e, em especial, o do lixo plástico. Dentre os plásticos encontrados no lixo, podemos citar o polietileno (sacos e garrafas) e o politereftalato de etileno, conhecido como PET (garrafas de refrigerantes).

A síntese do polietileno se dá pela reação de polimerização do eteno, segundo a equação mostrada na figura I.



Já o PET é um poliéster formado por unidades condensadas de dois monômeros, um diálcool e um diácido, conforme a estrutura mostrada na figura II.



Um dos processos de reciclagem das garrafas de PET é a decomposição do polímero em seus monômeros por intermédio de uma reação de hidrólise.

Com base na estrutura do PET, escreva as fórmulas estruturais dos seus monômeros.

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 minuta. 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 dos 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 pelo menor número possível de resinas diferentes, bem como que se evite uso excessivo de materiais com rótulos adesivos, aditivos, dentre outros contaminantes.

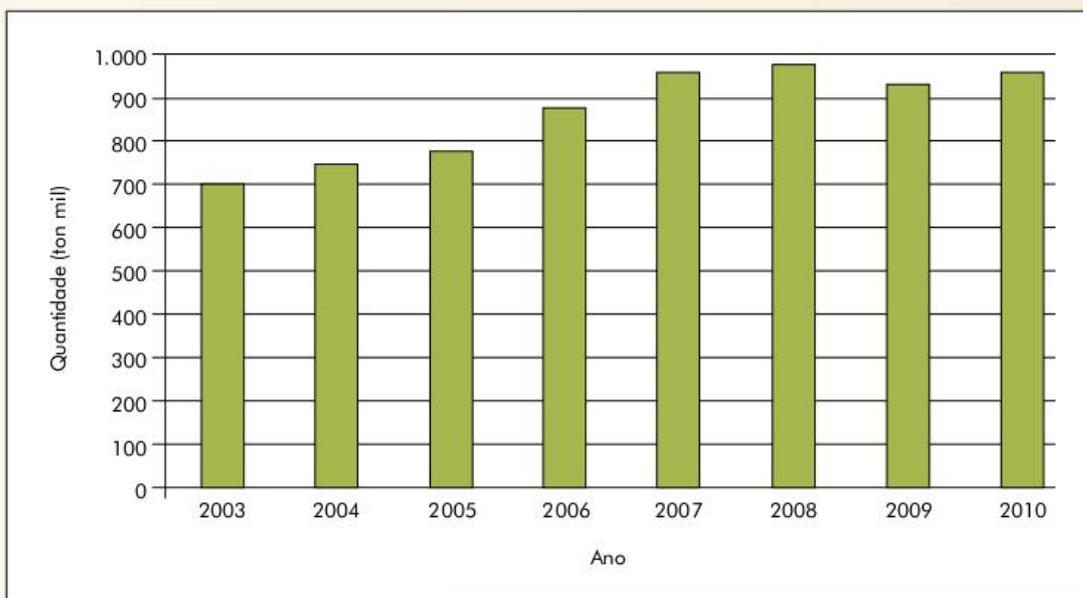
Por fim, o investimento em tecnologias de reciclagem mais avançadas, que possibilitem o processamento de vários tipos de plásticos e de embalagens compostas por várias camadas de resinas distintas, é um item a se considerar quando se objetiva processar os resíduos plásticos coletados e diminuir a quantidade 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 por um ou por 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 (2010), 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).

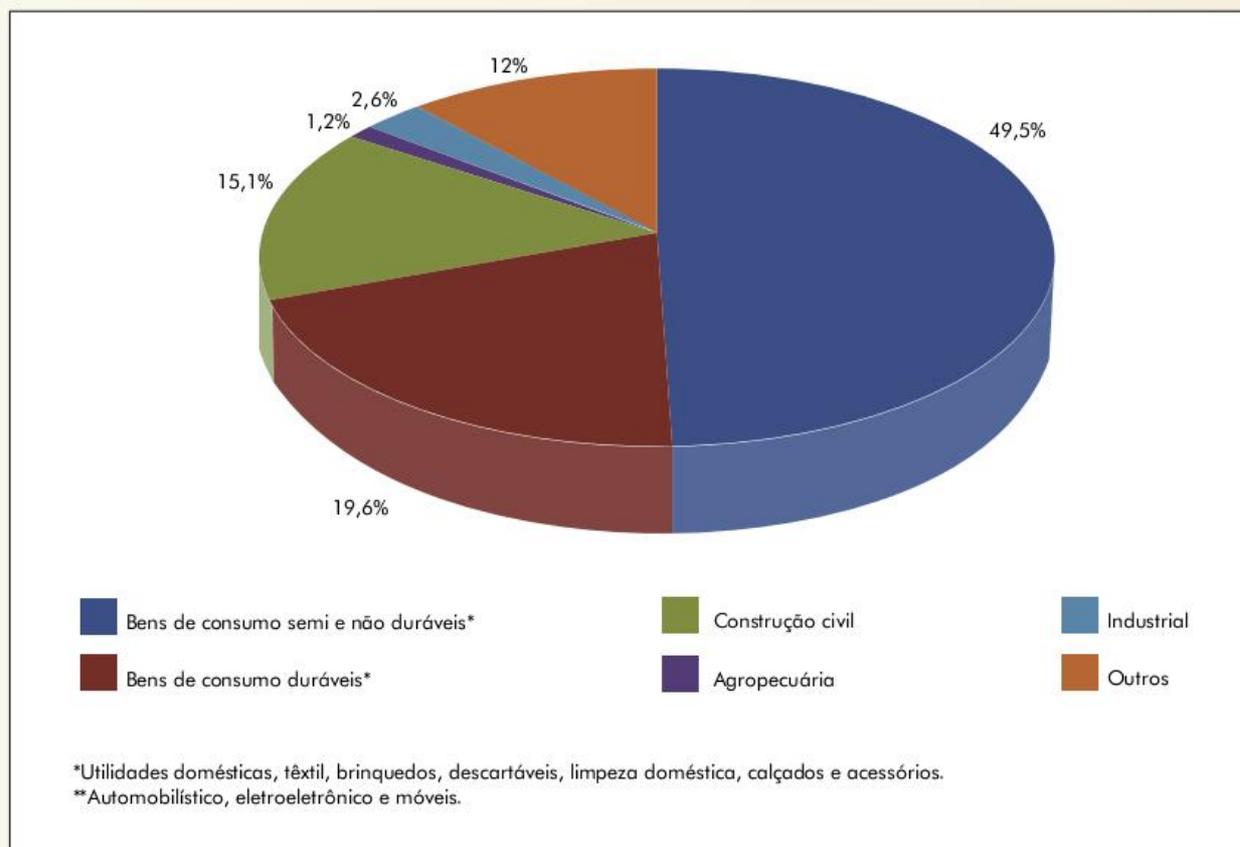
Usos do plástico reciclado

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 considerados 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), é 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 o torna 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 tríplex 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.



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, porém em plena evolução, com muitas pesquisas, sendo desenvolvidas no momento e 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 no 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 (p.e. 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.

RESUMINDO

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 adquira forma alongada ou filamentososa).
- Elastômeros:** apresentam elasticidade característica da borracha.
- Fibras:** materiais poliméricos na forma de longos filamentos com grande resistência na direção da fibra.

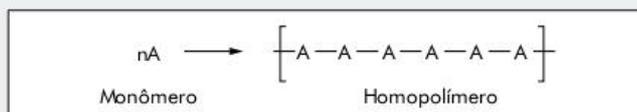
Quanto ao comportamento térmico

- Termoplásticos:** polímeros que amolecem com o aumento da temperatura.

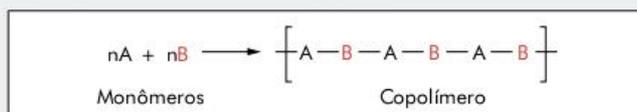
- **Termofixos ou termorrígidos:** polímeros de estrutura tridimensional que mantêm a sua estrutura (não amolecem) mesmo com o aumento da temperatura. Se o aumento de temperatura for mais intenso, eles sofrem decomposição.

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)
$n \text{H}_2\text{C}=\text{CH}$ $\quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \text{CH}_3$ Propileno	$\left[\text{H}_2\text{C}-\text{CH} \right]_n$ $\quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \text{CH}_3$ Polipropileno (PP)
$n \text{H}_2\text{C}=\text{CH}$ $\quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \text{Cl}$ Cloreto de vinila	$\left[\text{H}_2\text{C}-\text{CH} \right]_n$ $\quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \text{Cl}$ 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
$n \text{H}_2\text{C}=\text{CH}$ $\quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \text{C}_6\text{H}_5$ Estireno	$\left[\text{H}_2\text{C}-\text{CH} \right]_n$ $\quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \text{C}_6\text{H}_5$ Poliestireno (PS)

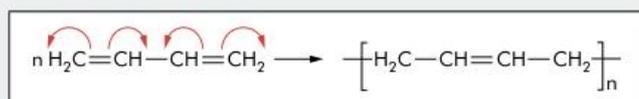
Monômero	Polímero
$n \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}=\text{CH} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Acetato de vinila</p>	$\left[\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$ <p>Poliacetato de vinila (PVA)</p>

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

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

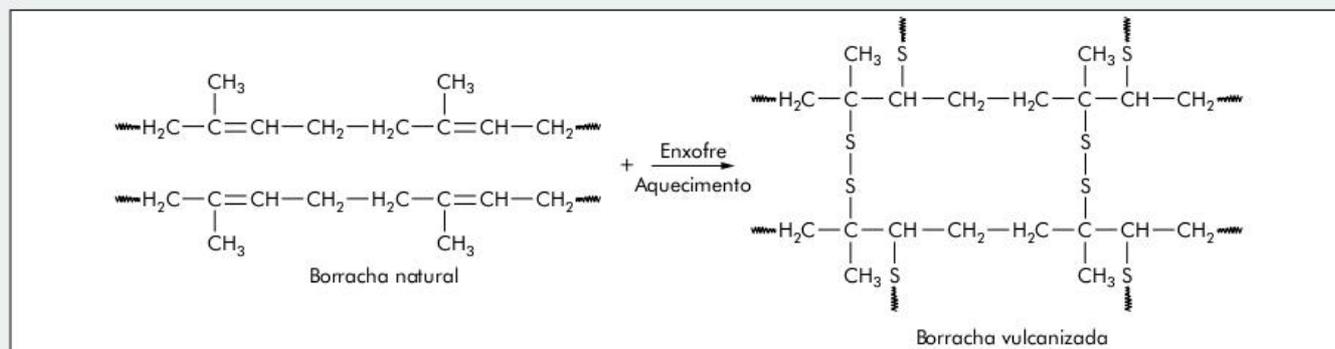
Polímeros diênicos (elastômeros): polímeros com propriedades elásticas formados a partir de um monômero com duas ligações duplas conjugadas (diêno conjugado).

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

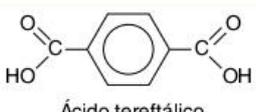
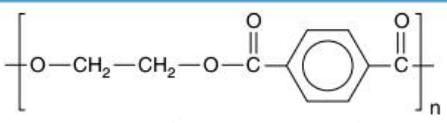
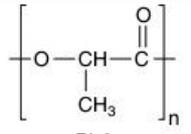


Vulcanização da borracha.

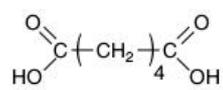
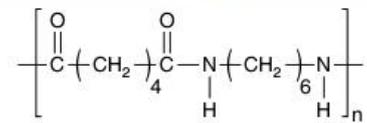
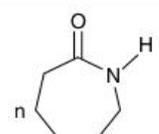
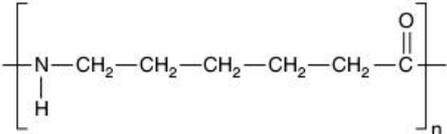
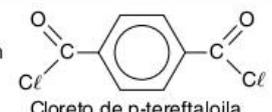
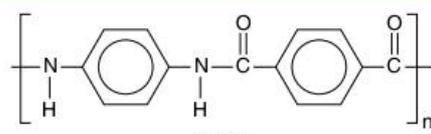
2. Polímeros de condensação

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

Poliâmidas e poliamidas: 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-0,6
n  hexano-6-lactama	 Náilon-6
$n \text{ H}_2\text{N}$  p-diaminobenzeno + n  Cloreto de p-tereftaloila	 Kevlar

Outros polímeros de condensação

Monômero	Polímero
$n \text{ HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH} + n \text{ Cl}-\text{C}(=\text{O})-\text{Cl}$ <p style="text-align: center;">Bisfenol A Fosgênio</p>	$\left[\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}(=\text{O}) \right]_n$ <p style="text-align: center;">Policarbonato</p>
$n \text{ H}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})-\text{H} + n \text{ H}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$ <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>	$\left[\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}-\text{C}(=\text{O}) \right]_n$ <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

- Pesquisa Fapesp
<http://www.plastivida.org.br/images/temas/Tecnologia.pdf>
- Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais
http://www.usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cademos-tematicos/Plasticos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf
- Análise da tecnologia aplicada aos polímeros: uma releitura sobre polímeros biodegradáveis
http://www.fahor.com.br/publicacoes/saep/2010_analise_polimeros_biodegradaveis.pdf
- Química nova na escola: plásticos inteligentes
<http://qnesc.sbg.org.br/online/cademos/02/plastic.pdf>
- Polímeros e interações intermoleculares
<http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc23/a05.pdf>
- Polímeros sintéticos
<http://qnesc.sbg.org.br/online/cademos/02/polimer.pdf>

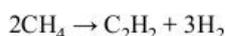
Exercícios complementares

Polímeros de adição

1 Puccamp 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:

- (a) o PVC.
- (b) a albumina.
- (c) a celulose.
- (d) o amido.
- (e) o polipropileno.

2 UFRN 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:

1. $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$
2. $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COH}$
3. $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{NH}_2\text{Cl} \rightarrow \text{CHClCHNH}_2$
4. $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$

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

- (a) CH_3COH
- (b) CHClCHNH_2
- (c) $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$
- (d) $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$

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

4 Unicamp A Química está presente em toda atividade humana, mesmo quando não damos a devida atenção a isso... Esta história narra um episódio no qual está envolvido um casal de policiais técnicos, nossos heróis, famosos pela sagacidade, o casal Mitta: Dina Mitta, mais conhecida como “Estrondosa”, e Omar Mitta, vulgo “Rango”. A narrativa que se segue é ficção. Qualquer semelhança com a realidade é pura coincidência.

O fármaco havia sido destruído pela explosão e pelo fogo. O que, porventura, tivesse sobrado, a chuva levaria embora. Para averiguar a possível troca do produto, Estrondosa pegou vários pedaços dos restos das embalagens que continham o fármaco. Eram sacos de alumínio revestidos, internamente, de uma película de polímero. Ela notou que algumas amostras eram bastante flexíveis, outras nem tanto. No laboratório da empresa, colocou os diversos pedaços em diferentes frascos, adicionou uma dada solução contendo um reagente, e esperou a dissolução do metal; quando isso ocorreu, houve evolução de um gás. Com a dissolução do alumínio, o filme de plástico se soltou, permitindo a Estrondosa fazer testes de identificação. Ela tinha a informação de que esse polímero devia ser polipropileno, que queima com gotejamento e produz uma fumaça branca. Além do polipropileno, encontrou poliestireno, que queima com produção de fumaça preta. Tudo isso reforçava a ideia da troca do fármaco, ou de uma parte dele, ao menos, incriminando o vigia.

Pode-se dizer que a diferença entre o poliestireno e o polipropileno, na fórmula geral, está na substituição do anel aromático por um radical metila. Se o poliestireno pode ser representado por $-\text{[CH}_2\text{CH(C}_6\text{H}_5\text{)]}_n-$, qual é a representação do polipropileno?

5 UEL O teflon $-\text{[CF}_2-\text{CF}_2-]_n-$ 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 °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) 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.
- (b) sendo o flúor um átomo relativamente pequeno, ele pode escorregar facilmente entre as engrenagens, diminuindo o coeficiente de atrito.
- (c) o teflon não funde, apenas amolece, devido à força da ligação iônica entre os átomos de flúor e os de carbono.
- (d) o teflon possui grande inércia química devido ao fato de as ligações químicas envolvidas em sua molécula serem muito fracas.
- (e) o teflon não apresenta interações do tipo Van der Waals entre suas moléculas por não apresentar hidrogênio em sua molécula.

6 UFSM As borrachas sintéticas são classificadas como polímeros de adição. Também são polímeros de adição industrializados:

- (a) náilon e PVC. (d) náilon e isopor.
 (b) PVC e poliéster. (e) poliéster e teflon.
 (c) teflon e isopor.

7 Unicamp *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 antirrugas feito de látex da seringueira.

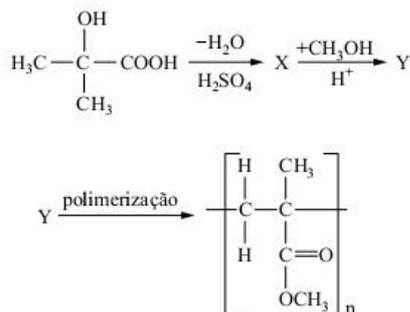
Esses dados são parte de uma reportagem sobre farmacologia, divulgada pela *Revista n°157*.

- 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 Unifesp Considere a sequência de reações, expressa pelas equações químicas a seguir, que levam à formação de um polímero.



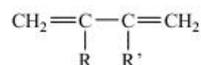
Com respeito a esse processo:

- a) escreva o nome oficial do composto de partida e a fórmula estrutural do composto X.
 b) escreva a fórmula estrutural do composto Y. Identifique a função química formada na reação de síntese desse composto.

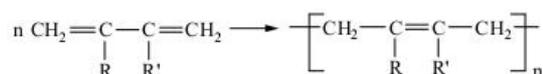
9 Unifesp Os cientistas que prepararam o terreno para o desenvolvimento dos polímeros orgânicos condutores foram laureados com o Prêmio Nobel de Química do ano 2000. Alguns desses polímeros podem apresentar condutibilidade elétrica comparável à dos metais. O primeiro desses polímeros foi obtido oxidando-se 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 Unesp Compostos insaturados do tipo



podem polimerizar segundo a reação representada pela equação geral:

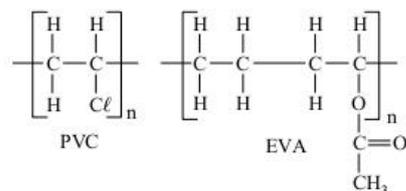


Com $n > 2.000$.

A borracha natural é obtida pela polimerização do composto para o qual R e R' são, respectivamente, H e CH_3 .

- a) Escreva o nome oficial do monômero que dá origem à borracha natural.
 b) A reação de polimerização pode dar origem a dois polímeros com propriedades diferentes. Escreva as fórmulas estruturais dos dois polímeros que podem ser formados na reação, identificando o tipo de isomeria existente entre eles.

11 UFG 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.

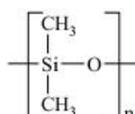
12 Unicamp Estou com fome – reclama Chuá. — Vou fritar um ovo.

Ao ver Chuá pegar uma frigideira, Naná diz: — Esta não! Pegue a outra que não precisa usar óleo. Se quiser usar um pouco para dar um gostinho, tudo bem, mas nesta frigideira o ovo não gruda. Essa história começou em 1938, quando um pesquisador de uma grande empresa química estava estudando o uso

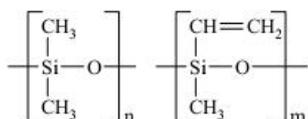
de gases para refrigeração. Ao pegar um cilindro contendo o gás tetrafluoreteno, verificou que o manômetro indicava que o mesmo estava vazio. No entanto, o “peso” do cilindro dizia que o gás continuava lá. Abriu toda a válvula e nada de gás. O sujeito poderia ter dito: “Que droga!”, descartando o cilindro. Resolveu, contudo, abrir o cilindro e verificou que continha um pó cuja massa correspondia à do gás que havia sido colocado lá dentro.

- Como se chama esse tipo de reação que aconteceu com o gás dentro do cilindro? Escreva a equação química que representa essa reação.
- Cite uma propriedade da substância formada no cilindro que permite o seu uso em frigideiras.
- Se os átomos de flúor do tetrafluoreteno fossem substituídos por átomos de hidrogênio e essa nova substância reagisse semelhantemente à considerada no item a, que composto seria formado? Escreva apenas o nome.

13 UFG 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.



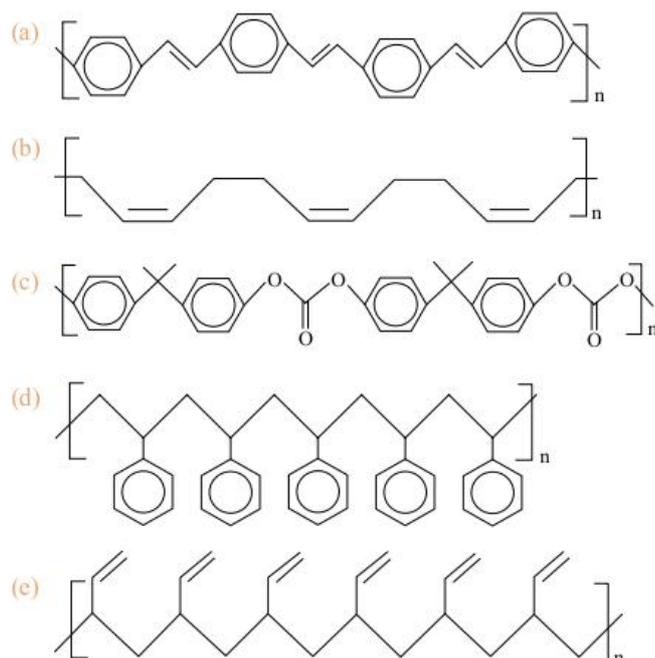
A borracha VMQ vulcaniza mais rapidamente que a borracha MQ como consequência

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

14 Enem PPL 2012 O senso comum nos diz que os polímeros orgânicos (plásticos) em geral são isolantes elétricos. Entretanto, os polímeros condutores são materiais orgânicos que conduzem eletricidade. O que faz estes polímeros diferentes é a presença das ligações covalentes duplas conjugadas com ligações simples, ao longo de toda a cadeia principal, incluindo grupos aromáticos. Isso permite que um átomo de carbono desfaça a ligação dupla com um vizinho e refaça-a com outro. Assim, a carga elétrica desloca-se dentro do material.

FRANCISCO, R. H. P. “Polímeros condutores”. *Revista Eletrônica de Ciências*, n. 4, fev. 2002. Disponível em: <www.cdcc.usp.br>. Acesso em: 28 fev. 2012 (Adapt.)

De acordo com o texto, qual dos polímeros seguintes seria condutor de eletricidade?



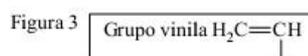
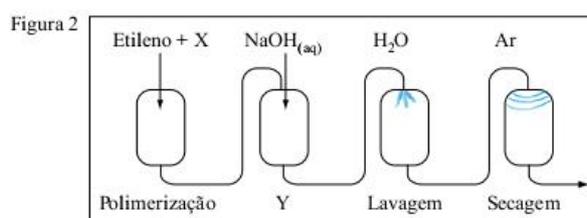
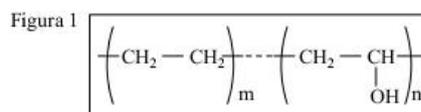
15 ITA Assinale a opção que apresenta a fórmula molecular do polímero que pode conduzir corrente elétrica.

- $\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---}$
- ---CH=CH---
- $\text{---CF}_2\text{---CF}_2\text{---}$
- $\text{---CHCH}_3\text{---CH}_2\text{---}$
- $\text{---CHOH---CH}_2\text{---}$

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

- Polietileno.
- Polipropileno.
- Poliestireno.
- Poliacetileno.
- Poli(tetrafluoretileno).

17 Fuvest 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.



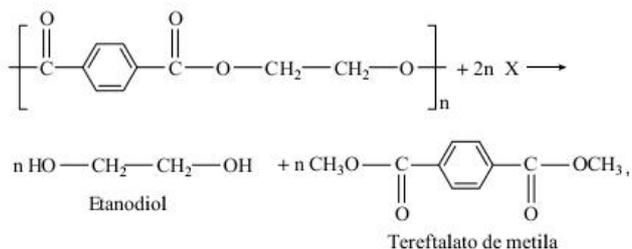
- a) Dentre os compostos, vinilbenzeno (estireno), acetato de vinila, propeno, propenoato de metila, qual pode ser o monômero X? Dê sua fórmula estrutural. (ver figura 3)
- b) Escreva a equação química que representa a transformação que ocorre na etapa Y do processo.

Polímeros de condensação

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 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:

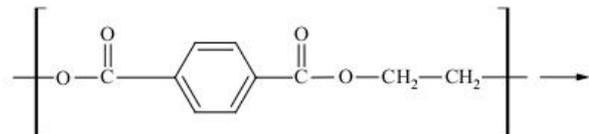
- (a) eteno. (d) ácido metanoico.
 (b) metanol. (e) ácido tereftálico.
 (c) etanol.

20 Unicamp 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 ($\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$) representativo do PET.

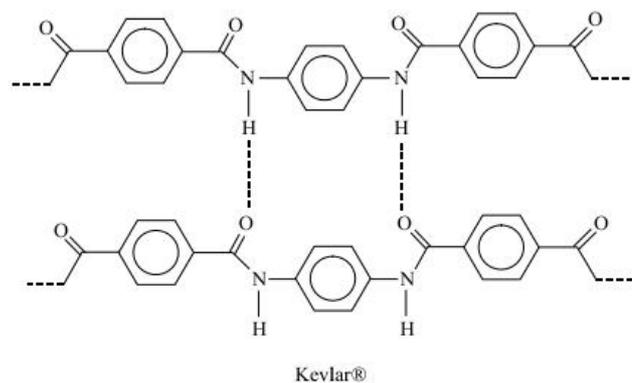
- a) Levando em conta a equação de combustão completa do fragmento do PET, calcule a energia liberada na queima de uma garrafa PET de massa igual a 48 gramas.

- 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.

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



21 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.

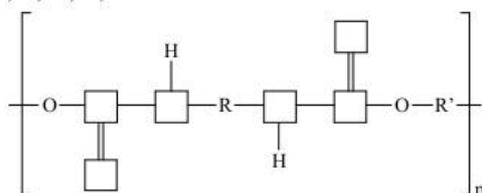


Com base no exposto, qual a função orgânica nitrogenada que compõe a estrutura desse polímero? Dê a fórmula estrutural de seus monômeros e diga que tipo de interação existe entre as cadeias adjacentes.

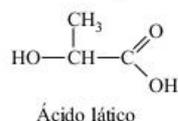
22 Unicamp A cada quatro anos, durante os Jogos Olímpicos, bilhões de pessoas assistem à tentativa do Homem e da Ciência de superar limites. Podemos pensar no entretenimento, na geração de empregos, nos avanços da Ciência do Desporto e da tecnologia em geral. Como esses jogos podem ser analisados do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

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

- a) A cadeia do poliuretano a que se refere o texto está parcialmente representada a seguir. Preencha os quadrados com símbolos atômicos, selecionados entre os seguintes: H, F, U, C, N, O, Sn.

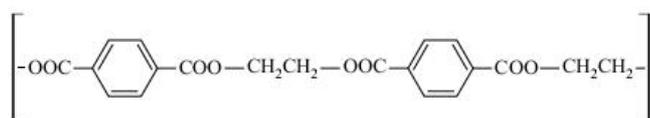


- b) O náilon, que também forma o tecido do maiô, pode ser obtido de reações entre diaminas e ácidos dicarboxílicos, sendo a mais comum a reação de hexametilenodiamina e ácido adípico. De acordo com essas informações, seria possível utilizar o ácido láctico (figura a seguir), para se preparar algum tipo de náilon? Justifique.



- 23 UEPG** O dácron é um polímero obtido por reação de condensação entre 2 reagentes orgânicos, onde ocorre também a formação de água.

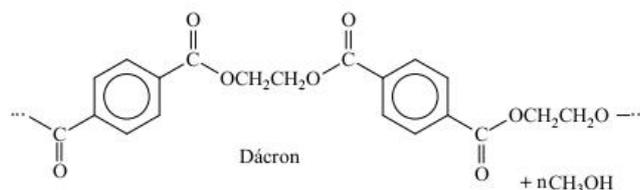
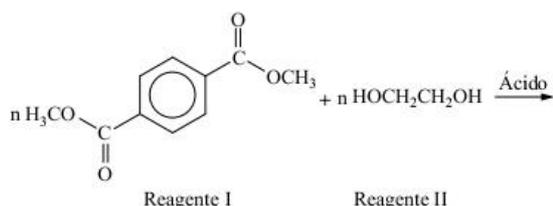
Sobre o dácron, que tem parte de sua estrutura representada a seguir, assinale o que for **correto**.



- 01 Um dos reagentes utilizados para a síntese do dácron é o benzoato de etila.
 02 O dácron é um poliéster.
 04 O dácron é sintetizado a partir de um ácido dicarboxílico aromático e do 1,2 etanodiol.
 08 As cadeias do polímero podem estabelecer ligações cruzadas, formando redes.
 16 O ácido butanodioico é um dos reagentes da síntese do dácron.

Soma =

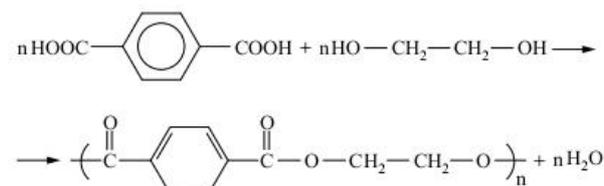
- 24 UnB** No mundo atual, é comum a presença dos polímeros, sendo difícil conceber a vida moderna sem a sua utilização. Nos últimos 50 anos, os cientistas já sintetizaram inúmeros polímeros diferentes. Um exemplo disso é o polímero conhecido por “drácon”, utilizado na fabricação de velas de barcos. Ele pode ser obtido da reação de polimerização entre o tereftalato de dimetila, reagente I, e o etileno glicol, reagente II, segundo mostra o esquema a seguir.



A respeito da reação apresentada no esquema e dos compostos nela envolvidos, julgue os itens seguintes.

- O reagente I é um composto com múltiplas funções.
 A reação de polimerização apresentada envolve as funções éster e álcool.
 O reagente I pode formar pontes de hidrogênio.
 No reagente I, os substituintes do anel benzênico encontram-se em posição meta.
 O dácron é um tipo de poliéster.

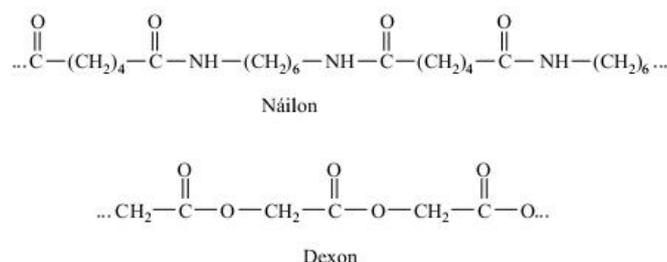
- 25 Fatec** Polimerização por condensação ocorre quando, no processo de formação das macromoléculas, há eliminação de moléculas pequenas. Um exemplo desse tipo de polimerização é a produção de poliéster:



Também pode resultar em polimerização por condensação a interação, em condições adequadas, do seguinte par de substâncias:

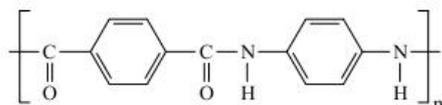
- (a) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{COOH}$ e $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$
 (b) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$ e $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$
 (c) $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ e $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$
 (d) $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ e $\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$
 (e) $\text{H}_2\text{O}=\text{CH}-\text{CH}_3$ e $\text{H}_2\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3$

- 26 Unesp** Estão representados a seguir fragmentos dos polímeros náilon e dexon, ambos usados como fios de suturas cirúrgicas.



- a) Identifique os grupos funcionais dos dois polímeros.
 b) O Dexon sofre hidrólise no corpo humano, sendo integralmente absorvido no período de algumas semanas. Neste processo, a cadeia polimérica é rompida, gerando um único produto, que apresenta duas funções orgânicas. Escreva a fórmula estrutural do produto e identifique essas funções.

27 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.



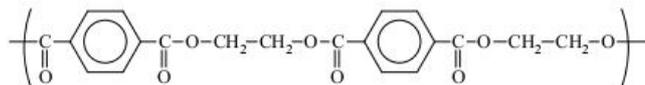
A reação química de obtenção desse polímero tem como reagentes dois monômeros, um deles de caráter ácido e outro de caráter básico.

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

28 UECE Está sendo testada na empresa britânica Xeros a máquina de lavar roupas usando apenas 10% da água utilizada por uma lavadora convencional do mesmo tamanho. Para remover as sujeiras das roupas são usadas pastilhas de náilon (20 quilos de pastilhas para limpar 5 quilos de roupas). A máquina é mais econômica, ecologicamente correta e as pastilhas são reutilizáveis, tendo vida útil para até 500 lavagens. O náilon resulta da condensação da diamina com o diácido. Assinale a alternativa que mostra, respectivamente, essas duas funções orgânicas.

- (a) $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$; $\text{HOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COH}$
 (b) $\text{H}_2\text{NOC}-(\text{CH}_2)_6-\text{CONH}_2$; $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$
 (c) $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$; $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$
 (d) $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$; $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}-\text{COOH}$

29 Uerj O dácron é um poliéster obtido da reação entre o ácido tereftálico e o etanodiol. Observe a representação de um fragmento dessa macromolécula:



A substituição do etanodiol por *p*-diaminobenzeno origina um novo polímero, de altíssima resistência e baixo peso, utilizado na produção de coletes à prova de balas.

Em relação a esse novo polímero, nomeie a função química presente em sua estrutura; depois, escreva a fórmula estrutural de um isômero plano de posição de seu monômero de caráter básico.

30 PUC-PR A baquelite, um importante polímero utilizado, por exemplo, para moldar objetos para a indústria elétrica, é obtida da polimerização de:

- (a) estireno com butadieno.
 (b) acrilonitrila com 1,3-butadieno.
 (c) somente acrilonitrila.
 (d) fênol com formaldeído.
 (e) somente cloreto de vinila.

31 UFMG A baquelite é utilizada, por exemplo, na fabricação de cabos de panela. Um polímero conhecido como novolac é um precursor da baquelite e pode ser produzido pela reação entre fenol e formaldeído, representados pelas seguintes estruturas:

Figura 1

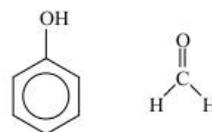
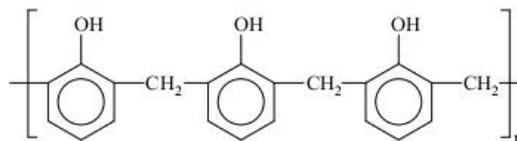


Figura 2

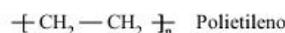


O novolac pode ser representado, simplificada, pela estrutura indicada na figura 2.

Com base nessas informações, é **incorreto** afirmar que:

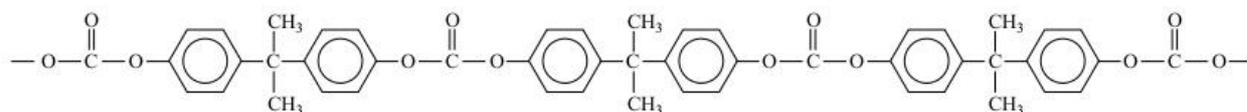
- (a) o novolac apresenta carbonos trigonais e tetraédricos.
 (b) o novolac é classificado como um poliálcool.
 (c) a reação entre fenol e formaldeído produz novolac e água.
 (d) a estrutura do polímero apresenta grupos hidroxila e anéis fenila.

32 Unicamp Para se ter uma ideia do que significa a presença de polímeros sintéticos na nossa vida, não é preciso muito esforço, imagine o interior de um automóvel sem polímeros, olhe para sua roupa, para seus sapatos, para o armário do banheiro. A demanda por polímeros é tão alta que, em países mais desenvolvidos, o seu consumo chega a 150 kg por ano por habitante. Em alguns polímeros sintéticos, uma propriedade bastante desejável é a sua resistência à tração. Essa resistência ocorre, principalmente, quando átomos de cadeias poliméricas distintas se atraem. O náilon, que é uma poliamida, e o polietileno, representados a seguir, são exemplos de polímeros.



- a) Admitindo-se que as cadeias desses polímeros são lineares, qual dos dois é mais resistente à tração? Justifique.
 b) Desenhe os fragmentos de duas cadeias poliméricas do polímero que você escolheu no item a, identificando o principal tipo de interação existente entre elas que implica a alta resistência à tração.

33 Unicamp 2014 O policarbonato representado na figura a seguir é um polímero utilizado na fabricação de CDs e DVDs. O policarbonato, no entanto, foi banido da 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.

11

FRENTE 1

Bioquímica



PHOTOGRAPHY/ISTOCK.COM

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 vão formar outros compostos importantes para o funcionamento do corpo, como enzimas, anticorpos, neurotransmissores, entre outros.

Aminoácidos

Substâncias orgânicas que possuem em sua estrutura 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 Fig. 1.

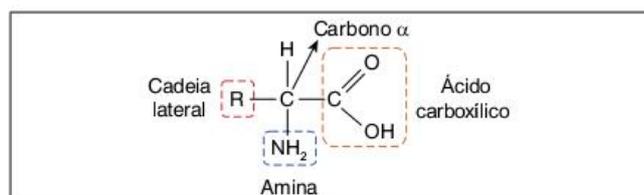


Fig. 1 Fórmula geral de um α -aminoácido.

O α -aminoácido mais simples é a glicina (ácido aminoetanoico), cuja cadeia lateral é um hidrogênio (Fig. 2).

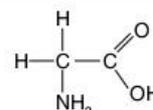
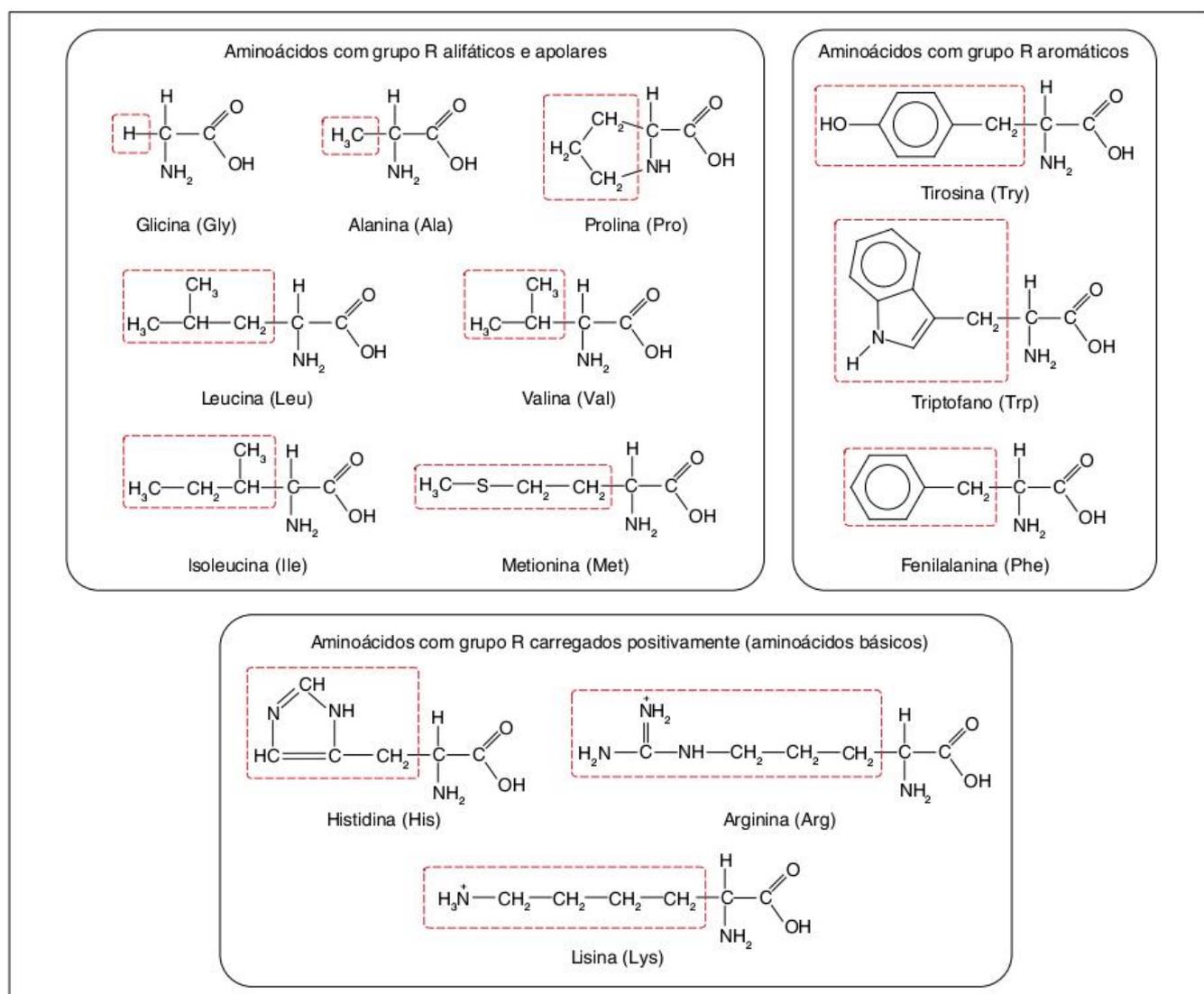


Fig. 2 Fórmula estrutural da glicina.

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 Fig. 3 indica o nome e a abreviatura, a estrutura e a classificação em relação ao grupo R dos vinte α -aminoácidos primários.



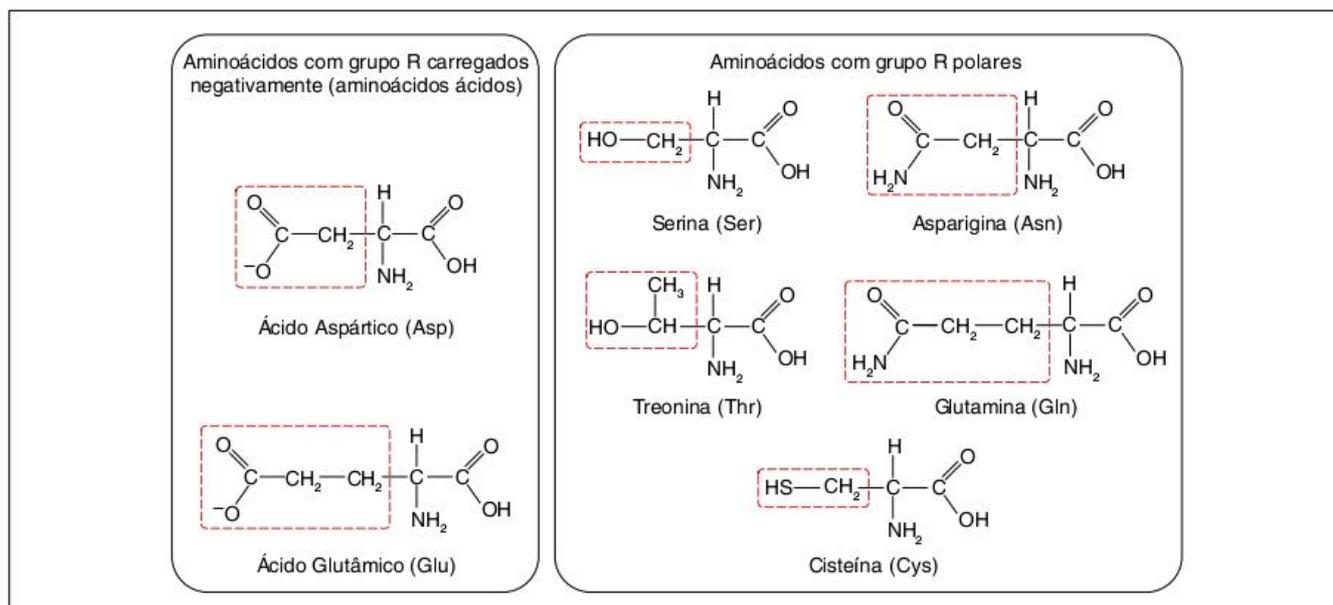


Fig. 3 Nome, abreviatura e classificação dos vinte α -aminoácidos primários.

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 amino.

SAIBA MAIS

A fenilcetonúria é uma doença genética, causada pela ausência ou pela diminuição da atividade de uma enzima do fígado, que transforma a fenilalanina (aminoácido presente nas proteínas) em outro aminoácido chamado tirosina.

Quando a atividade da enzima está ausente ou deficiente, a fenilalanina se acumula no organismo e causa lesão no cérebro, ocasionando deficiência de inteligência de gravidade variável. Esta deficiência não pode mais ser recuperada.

Durante a gestação, o organismo da mãe metaboliza a fenilalanina do feto. Portanto, a criança com fenilcetonúria é normal ao nascimento. As manifestações clínicas só começam 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 fundamental para o diagnóstico e para o início do tratamento o mais precoce possível, de preferência, até os 21 dias de vida.

O tratamento consiste em uma dieta especial que controla a ingestão de alimentos que contenham fenilalanina, não sendo permitido o consumo de alimentos ricos em proteínas como carne, ovos, leite e derivados, entre outros.

"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: 8 jan. 2017.

Propriedades acidobásicas dos aminoácidos

Quando as moléculas de aminoácidos são dissolvidas em água (meio neutro), os grupos carboxila e amino apresentam caráteres ácido e básico, respectivamente. Isso ocorre porque o grupo amino 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").

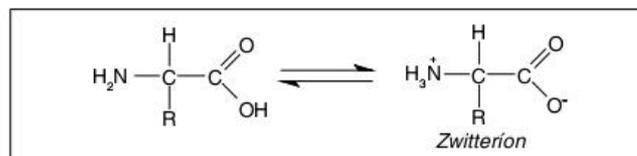


Fig. 4 Neutralização intramolecular de um aminoácido.

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**.

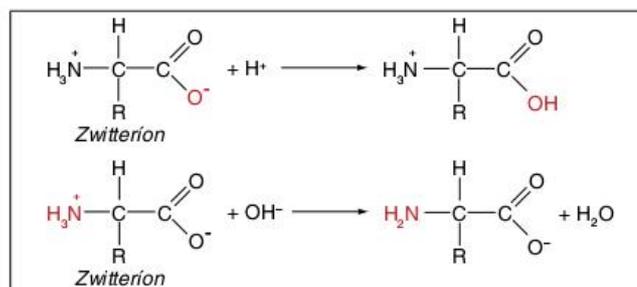


Fig. 5 Comportamento anfótero dos aminoácidos.

A ligação peptídica, peptideos e proteínas

Nos peptideos 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 (Fig. 6), forma-se também um grupo da função amida.

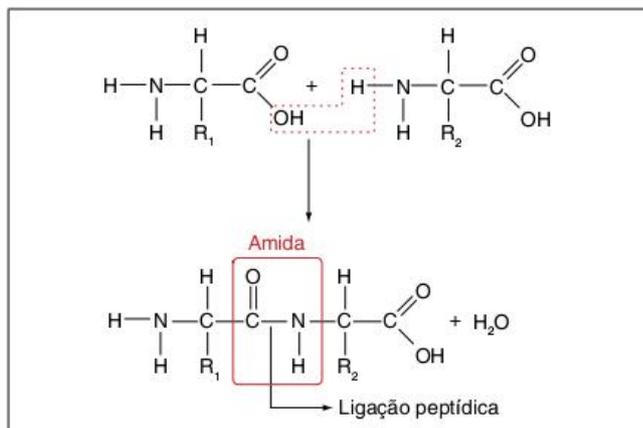


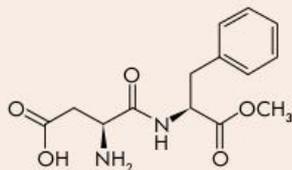
Fig. 6 Formação de uma ligação peptídica.

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: 16 jan. 2017.

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.

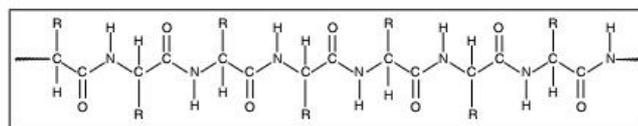


Fig. 7 Estrutura primária da proteína.

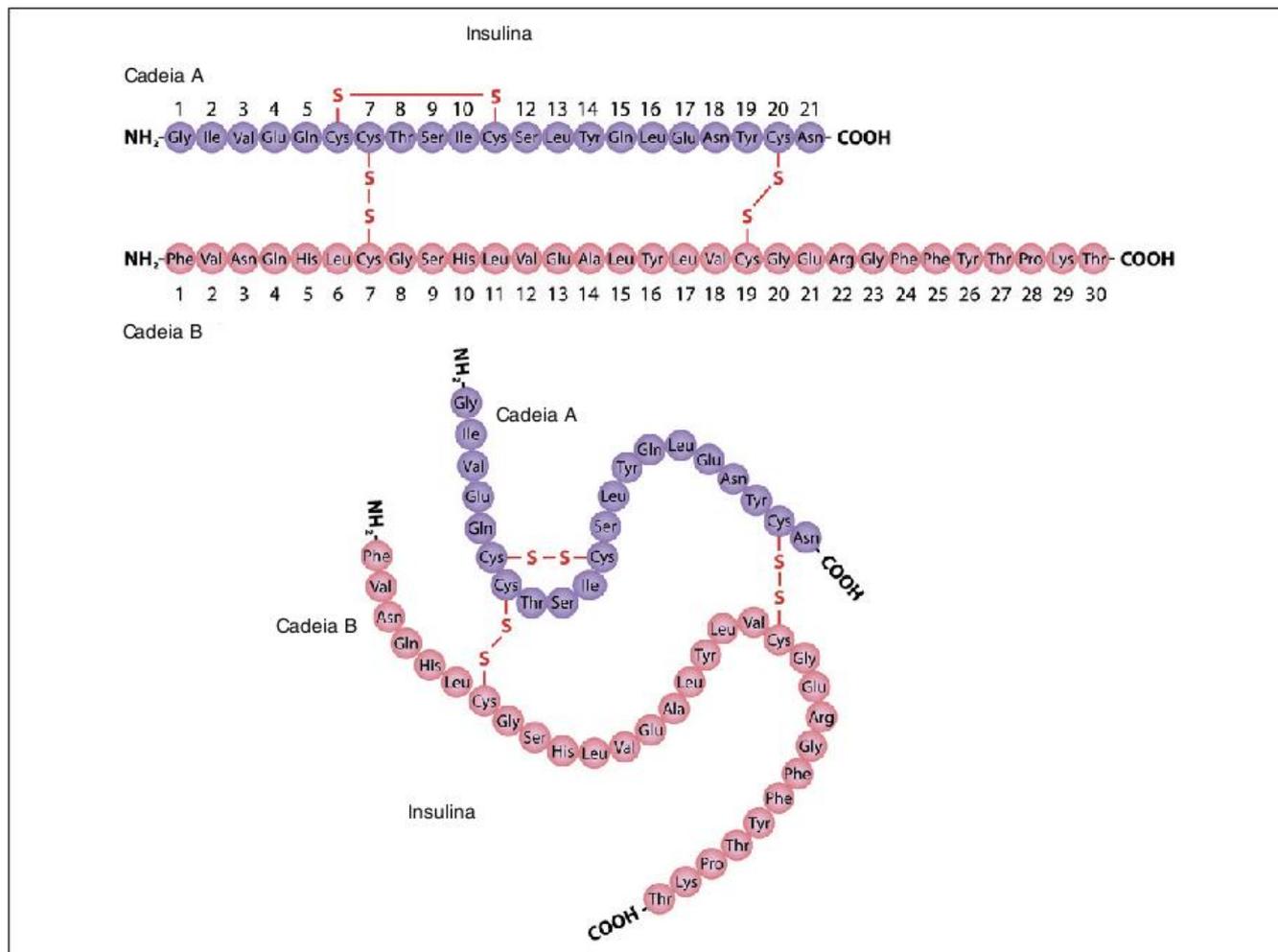


Fig. 8 Estrutura primária da insulina humana.

Compreender a estrutura primária das proteínas é importante, pois nela 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 Fig. 8 ilustra a estrutura primária da insulina humana. Observe que ela é constituída por duas cadeias polipeptídicas, unidas entre si por pontes de dissulfeto.

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 (Fig. 9) 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.

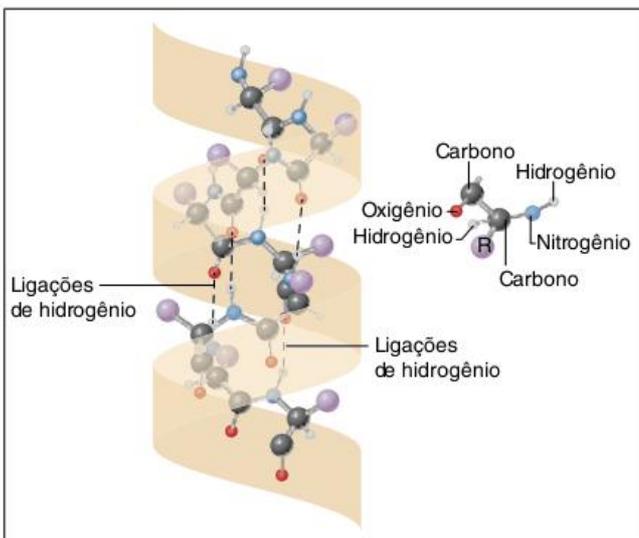


Fig. 9 Estrutura hélice alfa.

A estrutura folha beta pregueada (Fig. 10) 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.

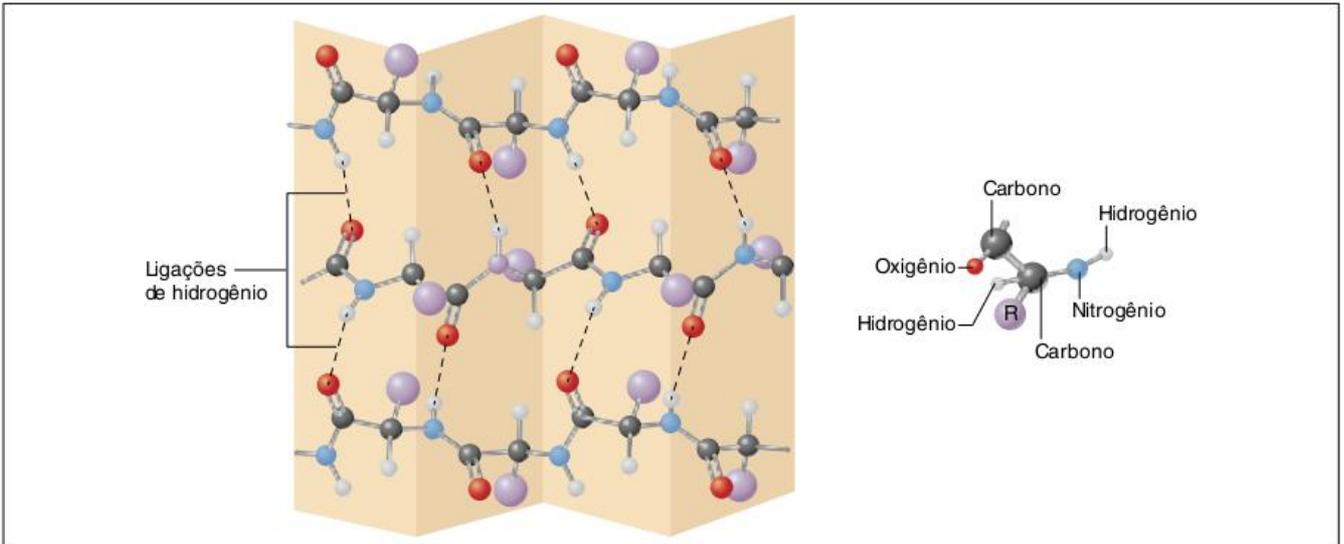


Fig. 10 Estrutura folha beta pregueada.

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 (Fig. 11).

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 com outros aminoácidos hidrofóbicos.
- 3. Interações iônicas:** ocorrem quando grupos carregados negativamente, como o grupo $-COO^-$, presente na cadeia lateral de alguns aminoácidos, interage com grupos carregados positivamente, como o grupo $-NH_3^+$, presente na cadeia lateral de outros aminoácidos.
- 4. Ligações de hidrogênio:** ocorrem entre grupos R contendo o grupo $-OH$ ou $-NH_2$ com grupos carbonila ou carboxila de outros aminoácidos distantes.

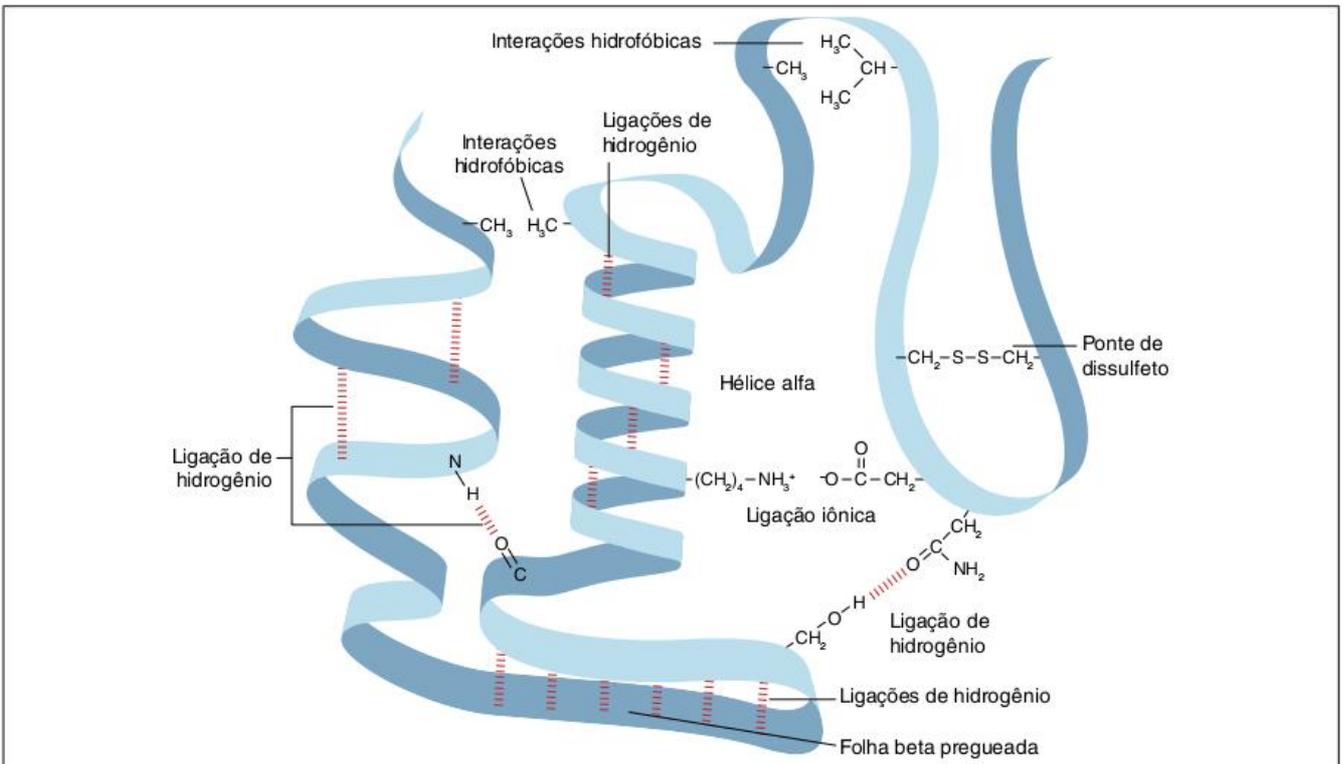


Fig. 11 Estrutura terciária de uma proteína e suas interações.

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 (Fig. 12), formada por quatro subunidades diferentes.

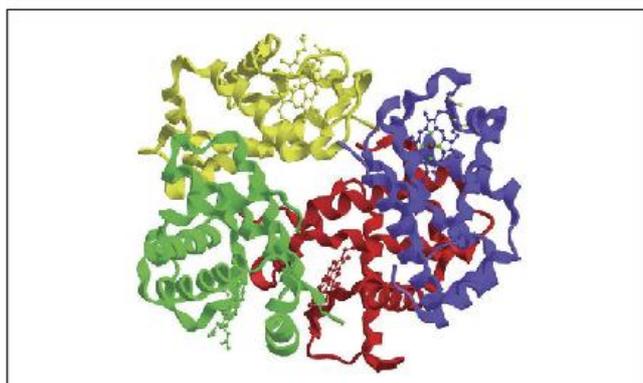


Fig. 12 Estrutura quaternária da hemoglobina.

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** (Fig. 13).

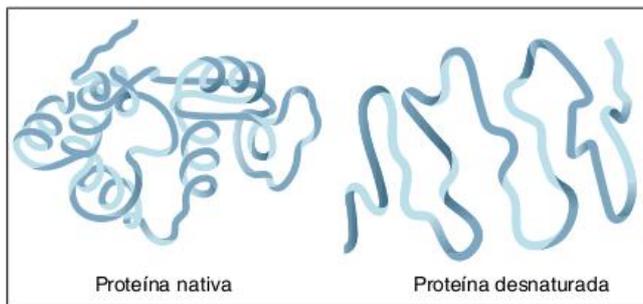


Fig. 13 Proteína nativa e proteína desnaturada.

Um exemplo comum de desnaturação é o cozimento de um ovo, que, devido ao 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 nessa proteína não sofrem alteração.

Como as enzimas são proteínas globulares que apresentam estrutura terciária e, às vezes, quaternária, estão sujeitas à

desnaturação. Quando essas 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.

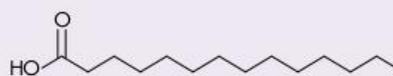
Ácidos graxos

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.

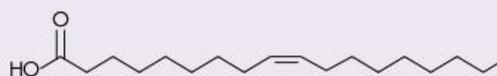
Os ácidos graxos podem ser divididos em três grupos: **saturados**: apresentam apenas ligações simples entre os carbonos; **monoinsaturados**: têm apenas uma ligação dupla entre carbonos; **poli-insaturados**: têm duas ou mais ligações duplas entre carbonos.

ATENÇÃO!

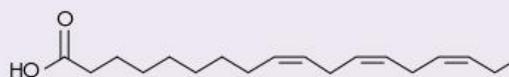
Uma nomenclatura simplificada para ácidos graxos especifica a quantidade de carbonos na cadeia e a quantidade de insaturações com uma separação por dois pontos; por exemplo, o ácido mirístico, saturado e com 14 carbonos, é abreviado C14:0; o ácido oleico, com 18 carbonos e uma ligação dupla, é C18:1;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



Ácido mirístico = C14:0



Ácido oleico = C18:1



Ácido linolênico = C18:3

Nos ácidos graxos insaturados, as ligações duplas estão sempre na configuração espacial *cis*.

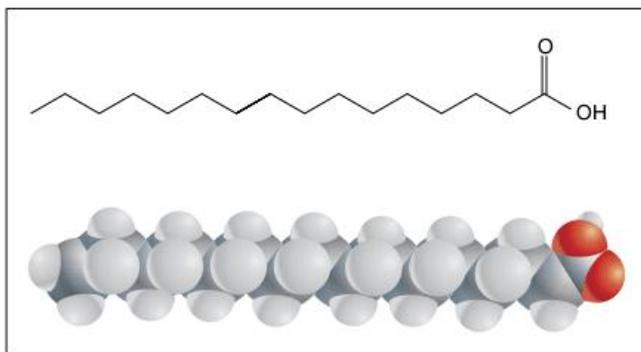


Fig. 14 Ácido graxo saturado.

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.

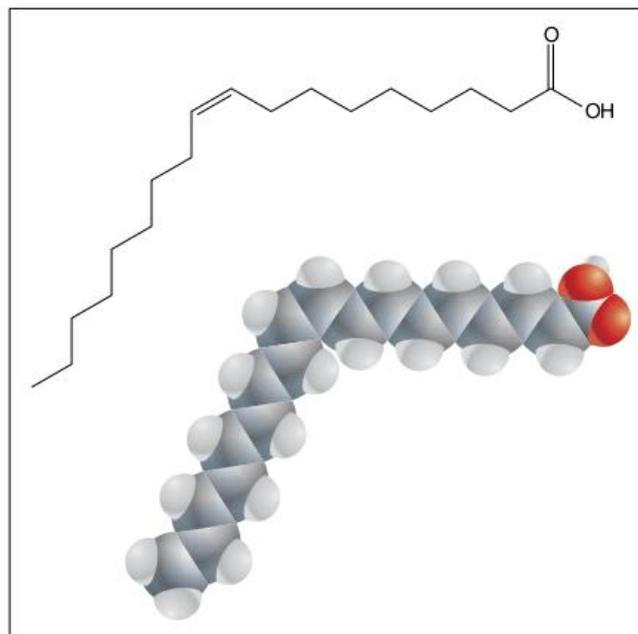


Fig. 15 Ácido graxo monoinsaturado.

SAIBA MAIS

Ácidos graxos essenciais

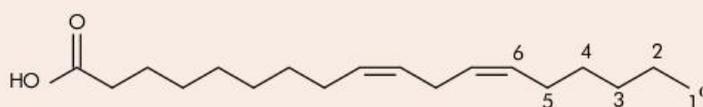


Os ácidos graxos essenciais para a alimentação humana são o ácido linolênico (ômega-6) e o ácido linoleico (ômega-3).

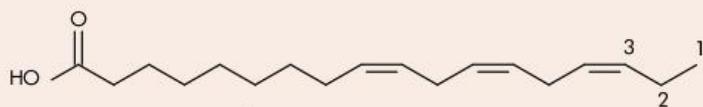
As denominações ômega-3 (ω -3) e ômega-6 (ω -6) indicam a posição da primeira ligação dupla entre carbonos quando numeramos a cadeia do ácido graxo pela extremidade oposta ao grupo carboxila (-COOH). O carbono do grupo metila, isto é, o carbono mais distante do grupo carboxila, é chamado carbono ômega (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 fluído como deveria.



Ácido linoleico (ômega-6)



Ácido linolênico (ômega-3)

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 formarão três grupos ésteres com três ácidos graxos.

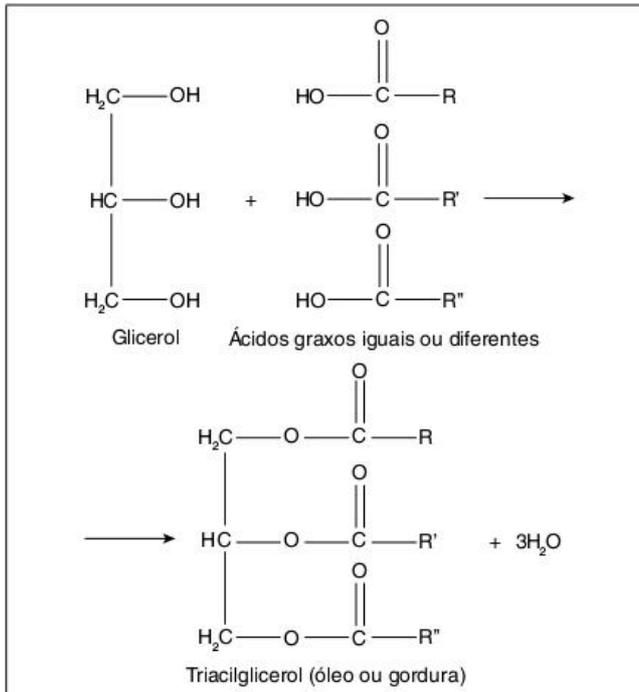


Fig. 16 Reação de formação de um triacilglicerol.

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 (Fig. 17).

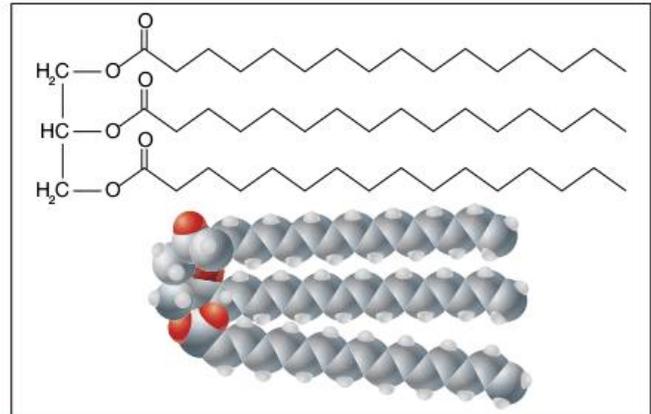


Fig. 17 Tripalmitato de glicerina.

A maioria dos triacilgliceróis de ocorrência natural é mista, pois têm duas cadeias de ácidos graxos iguais e uma terceira diferente (Fig. 18).

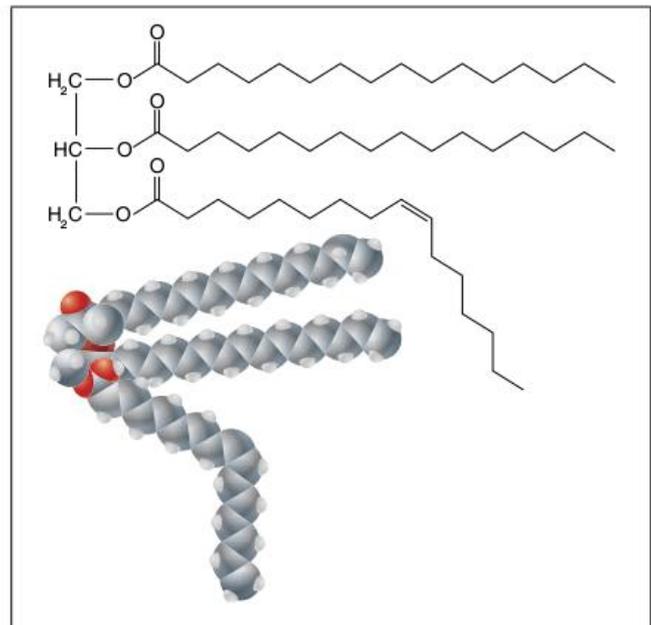


Fig. 18 Triacilglicerol com uma cadeia insaturada.

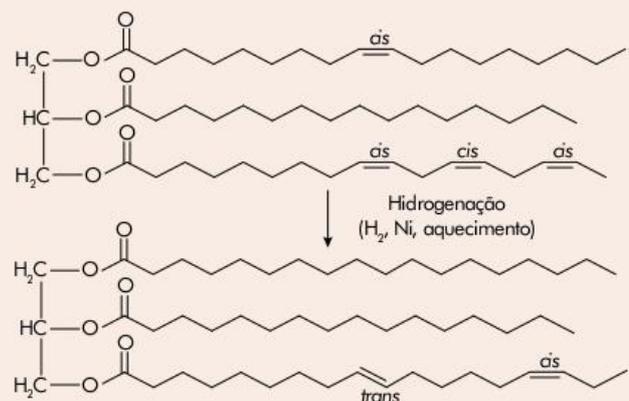
SAIBA MAIS

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.



Fosfolípidos

As membranas lipídicas são constituídas de fosfolípidos, e os principais são os fosfoglicerídeos, que diferem dos triacilgliceróis por conterem um grupo hidroxila (-OH) terminal do glicerol esterificado com ácido fosfórico em vez de ácido graxo.

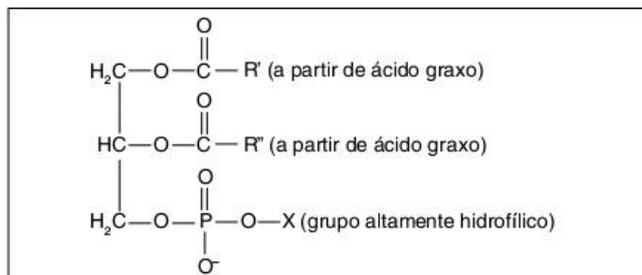


Fig. 19 Estrutura geral de um fosfoglicerídeo.

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** (Fig. 20), fosfoglicerídeos que contêm o grupo colina, e as **cefalinas**, que contêm o grupo etanolamina.

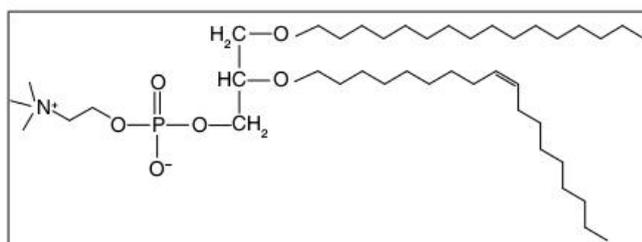


Fig. 20 Fosfatidilcolina, uma lecitina.

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 fosfolípidos 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 (Fig. 21).

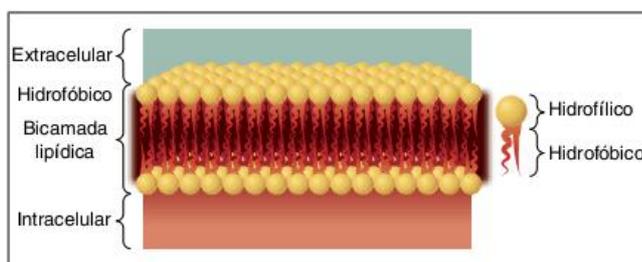


Fig. 21 Representação esquemática de uma bicamada lipídica.

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

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 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, como a glicose e a frutose.

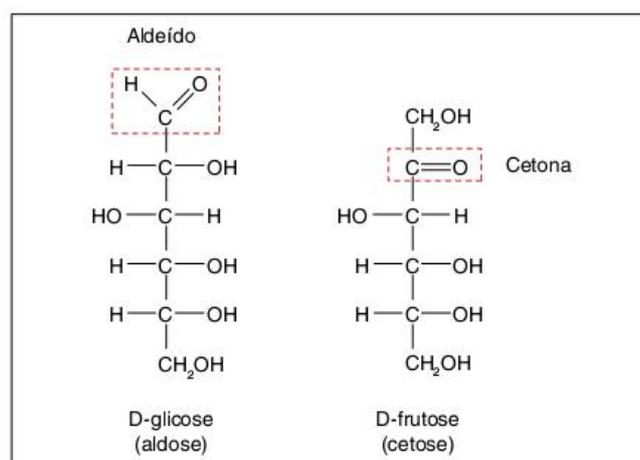
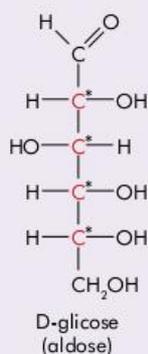


Fig. 22 Monossacarídeos.

Observe que a glicose e a frutose são isômeros de função, pois apresentam a mesma fórmula molecular ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) 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 (Fig. 23).

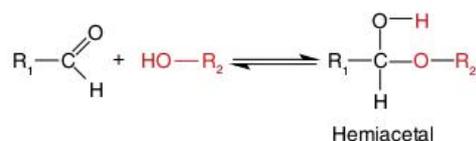


Fig. 23 Formação do grupo hemiacetal.

Nas cetoses, o ciclo é formado quando uma hidroxila reage com o grupo carbonila da cetona, formando um novo grupo funcional denominado hemiacetal (Fig. 24).

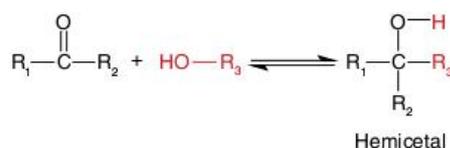


Fig. 24 Formação do grupo hemiacetal.

A Fig. 25 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.

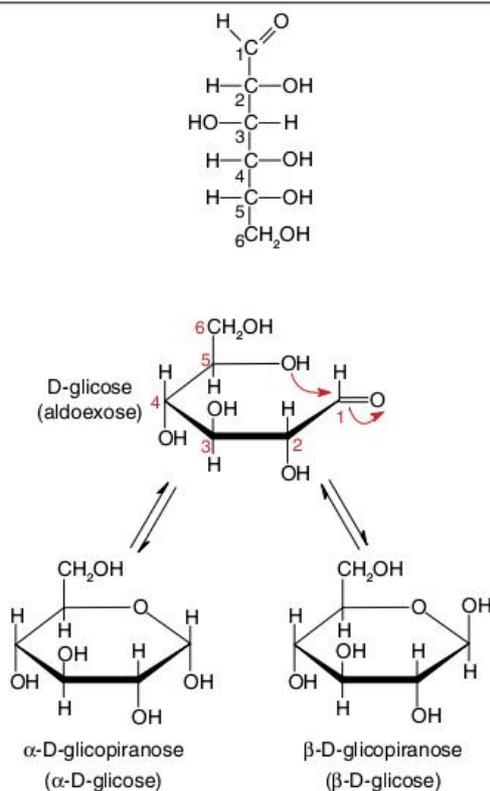
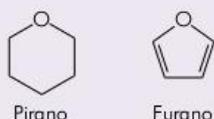


Fig. 25 Ciclização da glicose.

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 (Fig. 26), no entanto, o ciclo formado é semelhante ao furano.

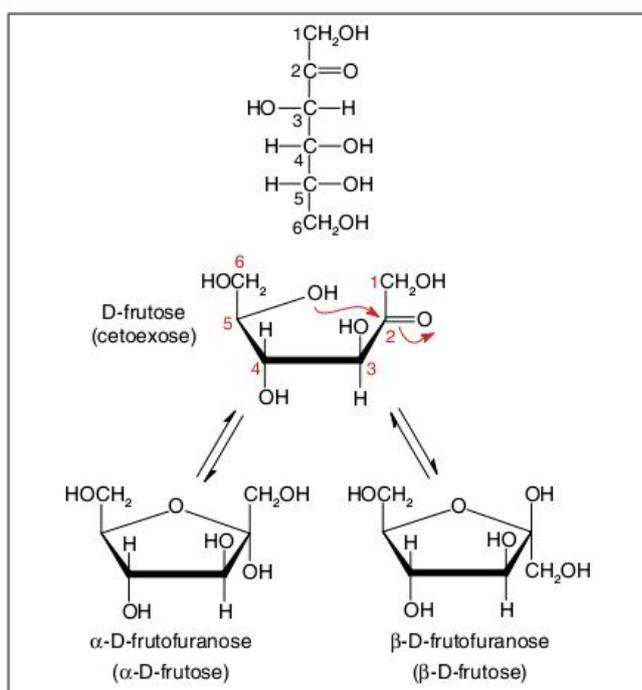


Fig. 26 Ciclização da frutose.

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 por 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, na Fig. 27, a formação da sacarose a partir da α -D-glicose e da α -D-frutose.

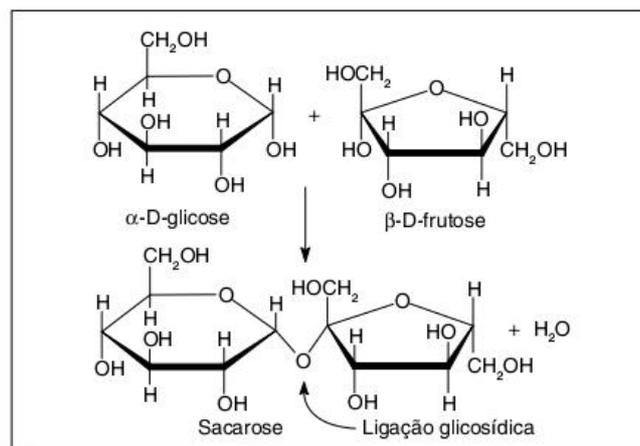


Fig. 27 Formação da sacarose.

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.

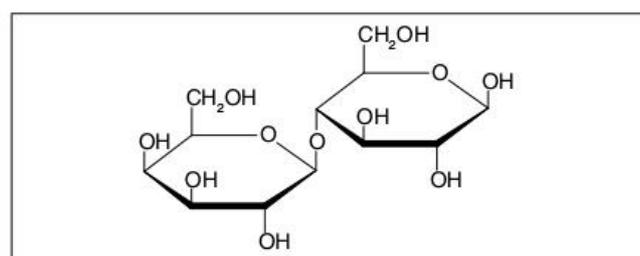


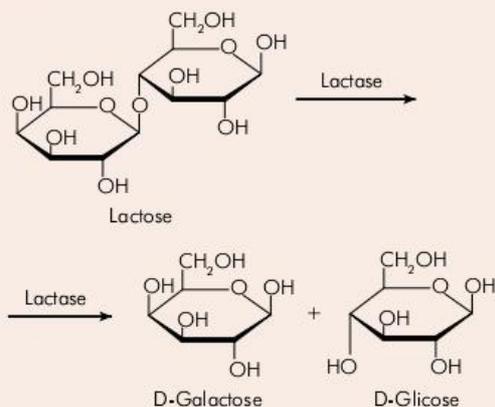
Fig. 28 Lactose.

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 lático e gases com CO_2 e H_2 .

O aumento de ácido lático 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.

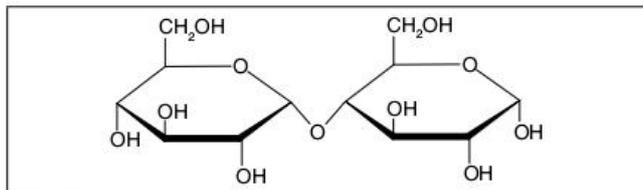


Fig. 29 Maltose.

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 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. As ligações glicosídicas (Fig. 30) entre as moléculas de glicose ocorrem entre as hidroxilas ligadas aos carbonos 1 e 4 de diferentes moléculas de glicose.

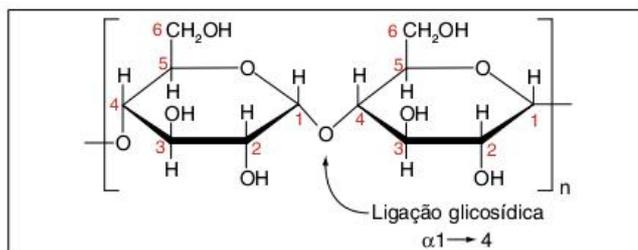


Fig. 30 Ligação glicosídica do amido.

A ligação glicosídica do tipo ($\alpha \rightarrow 1,4$) faz com que os resíduos de glicose se disponham sequencialmente em uma estrutura espiral (Fig. 31), formando longos tubos mantidos por ligações de hidrogênio intramoleculares.

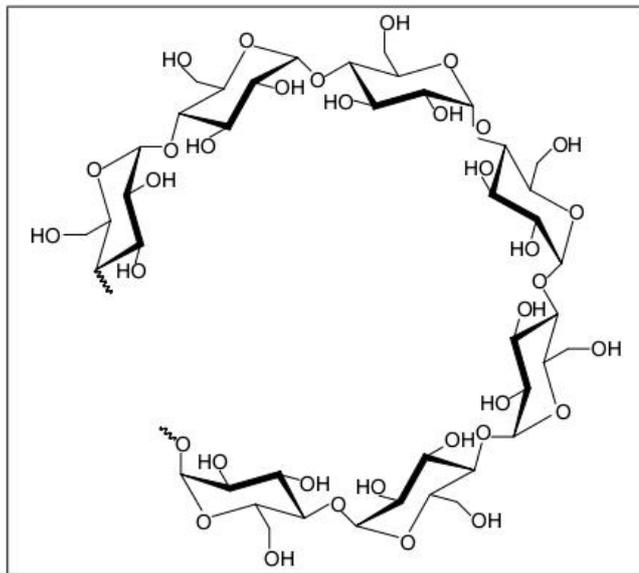


Fig. 31 Estrutura espiral do amido.

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 ($\alpha \rightarrow 1,4$) com ligações ($\alpha \rightarrow 1,6$) nas ramificações. Sua fórmula molecular é $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. A principal diferença entre o amido e o glicogênio está relacionada ao maior grau de ramificação do segundo em relação ao primeiro.

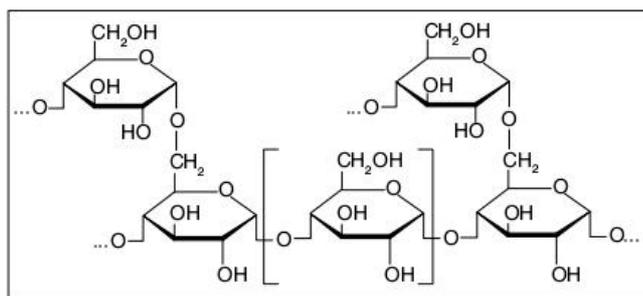


Fig. 32 Estrutura do glicogênio.

• **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 ($\beta \rightarrow 1,4$), cuja fórmula molecular é $(C_6H_{10}O_5)_n$.

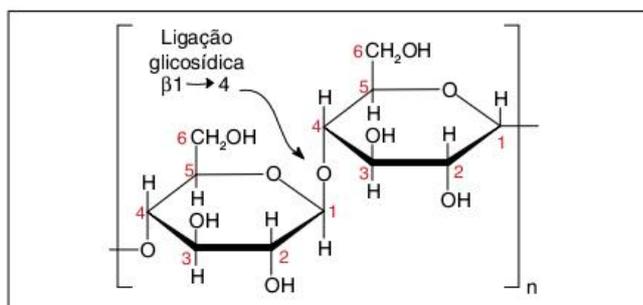


Fig. 33 Ligação glicosídica ($\beta \rightarrow 1,4$) na celulose.

A disposição dos resíduos de glicose nesse polímero permite um arranjo linear (Fig. 34), 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.

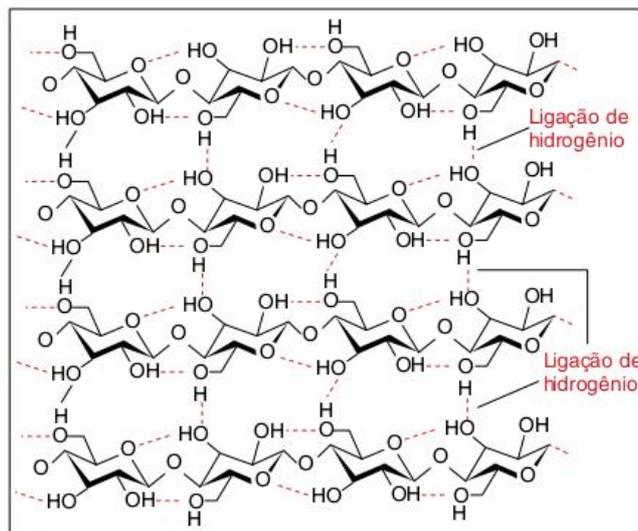


Fig. 34 Estrutura linear da celulose.

Revisando

Para os 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 $-NH_2$ 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 _____ através 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 _____.

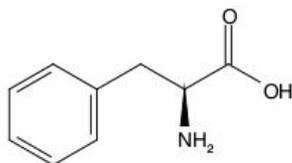
11 Associe as colunas

- a) Amido () Função de reserva, encontrada em plantas.
 b) Glicogênio () Função estrutural, encontrada em plantas.
 c) Celulose () Função de reserva, encontrada em animais.

Exercícios propostos

Aminoácidos e proteínas

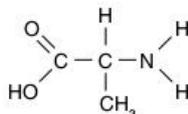
1 **PUC-Rio** Nossos corpos podem sintetizar onze aminoácidos em quantidades suficientes para nossas necessidades. Não podemos, porém, produzir as proteínas para a vida a não ser ingerindo os outros nove, conhecidos como aminoácidos essenciais.



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.

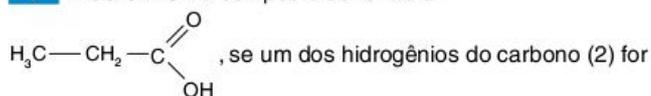
2 **IFSC 2015**



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.

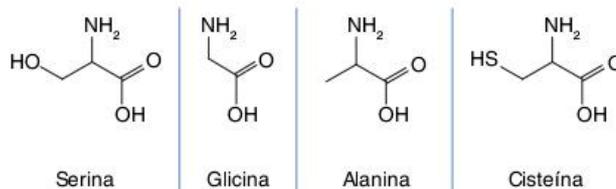
3 **Mackenzie** No composto de fórmula



, se um dos hidrogênios do carbono (2) for substituído por um radical $-\text{NH}_2$, então:

- (a) tem-se uma amina terciária.
 (b) a cadeia carbônica torna-se ramificada.
 (c) tem-se um aminoácido.
 (d) tem-se uma amida.
 (e) tem-se uma amina secundária.

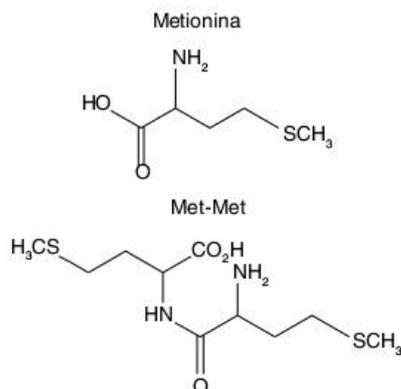
4 **Uerj 2012** Os aminoácidos que possuem um centro quiral apresentam duas formas enantioméricas. Observe, a seguir, a estrutura química de quatro aminoácidos.



O único desses aminoácidos que não apresenta enantiômeros é:

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

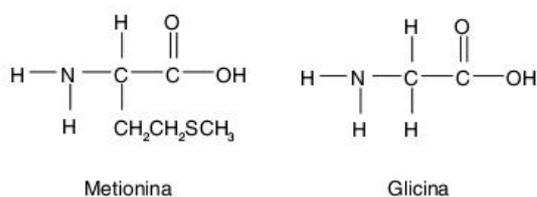
5 **UFRGS 2017** Em 2016, foi inaugurada a primeira fábrica mundial para a produção de uma nova fonte de metionina especificamente desenvolvida para alimentação de camarões e outros crustáceos. Esse novo produto, Met-Met, formado pela reação de duas moléculas de metionina na forma racêmica, tem uma absorção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

- (a) um aminoácido e um dipeptídeo.
- (b) um aminoácido e uma proteína.
- (c) um sacarídeo e um lipídeo.
- (d) um monossacarídeo e um dissacarídeo.
- (e) um monoterpreno e um diterpreno.

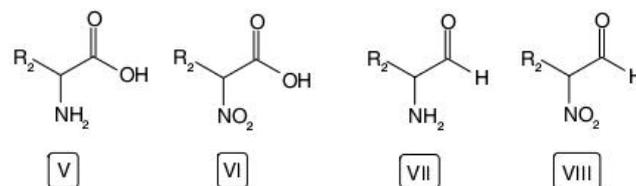
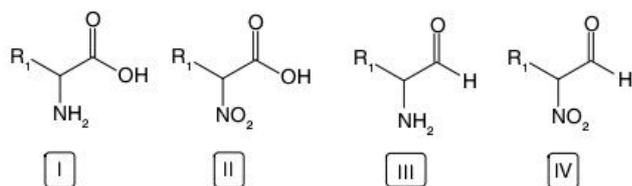
6 PUC-Minas Um peptídeo é formado por dois ou mais aminoácidos que se ligam covalentemente através de ligações peptídicas (ou amidas). Tais ligações são formadas pela reação entre um grupo amina de um aminoácido e um grupo ácido carboxílico de um outro aminoácido com saída de uma molécula de água. Assinale a estrutura do dipeptídeo formado pela reação de condensação entre os aminoácidos metionina e glicina.



- (a)
$$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} & \text{O} & \text{H} \\ | & || & || & | \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{NH}_2 \\ | & & & | \\ \text{H} & & & \text{CH}_2\text{CH}_2\text{SCH}_3 \end{array}$$
- (b)
$$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} & \text{H} & \text{O} \\ | & || & | & || \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ | & & | & | \\ \text{H} & & \text{CH}_2\text{CH}_2\text{SCH}_3 & \end{array}$$
- (c)
$$\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} & \text{H} & \text{O} \\ | & || & | & || \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ | & & | & | \\ \text{H} & & \text{H} & \text{CH}_2\text{CH}_2\text{SCH}_3 \end{array}$$
- (d)
$$\begin{array}{c} \text{O} & \text{H} & \text{H} & \text{O} \\ || & | & | & || \\ \text{HO}-\text{C}-\text{C}-\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ | & | & | & | \\ \text{H} & \text{H} & \text{CH}_2\text{CH}_2\text{SCH}_3 & \end{array}$$

7 Os milhares de proteínas existentes nos organismos vivos são formados pela combinação de apenas vinte tipos de moléculas.

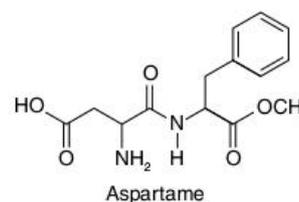
Observe a seguir as fórmulas estruturais de diferentes moléculas orgânicas, em que R₁ e R₂ representam radicais alquila.



As duas fórmulas que, combinadas, formam uma ligação química encontrada na estrutura primária das proteínas são:

- (a) I e V.
- (b) II e VII.
- (c) III e VIII.
- (d) IV e VI.

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**.



- 01 A molécula do aspartame é um dipeptídeo.
 - 02 Na estrutura do aspartame está presente uma amina secundária.
 - 04 Quando a molécula do aspartame é tratada com solução aquosa de H₂SO₄ e aquecida, ocorre a hidrólise do grupo amida e do grupo éster.
 - 08 Quando o aspartame é dissolvido em água, ocorre a formação de um íon dipolar.
 - 16 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: 07 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

- (a) por α-aminoácidos hidrofóbicos, apenas.
- (b) pela reação de precipitação de α-aminoácidos.
- (c) pela combinação de cinco α-aminoácidos diferentes, apenas.
- (d) pela reação de polimerização (por condensação) de α-aminoácidos.
- (e) por substâncias orgânicas de cadeia simples e baixa massa molecular.

Texto para a questão 10:

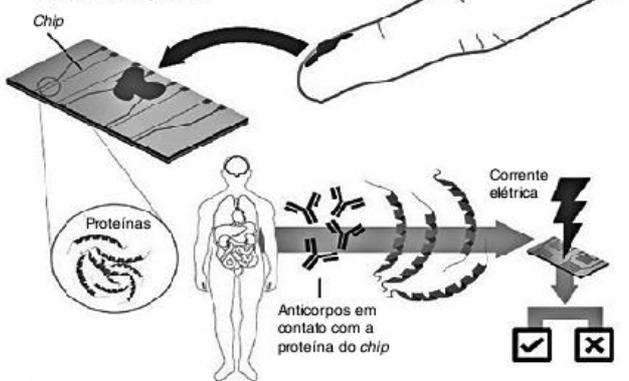
Basta uma gota de sangue para que um chip, criado por cientistas brasileiros do Instituto de Física da USP de São Carlos, consiga detectar, em poucos segundos e com baixo custo, se alguém está infectado com malária, leishmaniose e Chagas.

DIAGNÓSTICO EM UMA GOTINHA

Brasileiros criam *chip* que detecta rapidamente malária, leishmaniose e doença de Chagas com apenas um pingo de sangue.

1 COLETA

O sangue é colocado em contato com um *chip* especial, que contém nanopartículas. Para cada uma das doenças é utilizada uma nanopartícula específica.



2 NANOPARTÍCULAS

São esferas de 50 nanômetros (cada nanômetro tem um bilionésimo de metro). Dentro delas está uma proteína específica. O pequeno tamanho dos sensores aumenta a velocidade do teste.

3 ELETRICIDADE

Após a infecção, o organismo começa a produzir anticorpos, que circulam no sangue. Ao entrar em contato com a proteína, esses anticorpos provocam correntes elétricas, que podem ser detectadas.

4 DETECTOR

O sistema detecta essas alterações e, a partir daí, dá o diagnóstico de positivo ou negativo em poucos segundos.

VANTAGENS

MAIS BARATO O sistema pode ser construído com menos de R\$ 200 e cada *chip*, que é descartável, custa cerca de R\$ 2.
MAIS RÁPIDO Hoje os métodos de detecção precisam ser avaliados em laboratório, o que demanda mais tempo e estrutura para a realização dos exames.

NO FUTURO

"PORTÁTIL" Cientistas esperam o interesse da indústria para moldar o sistema de um jeito mais amigável para o transporte em áreas de infecção.
O SISTEMA pode ser adaptado para outras doenças, como a dengue.

Disponível em: <www1.folha.uol.com.br/ciencia/1123618-chip-da-usp-flagra-malaria-e-mal-de-chagas.shtml>. Acesso em: 17 set. 2012.

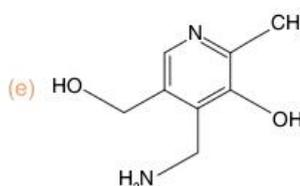
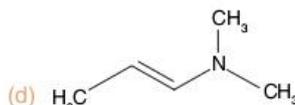
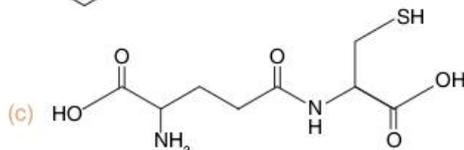
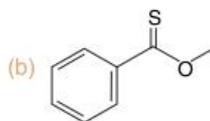
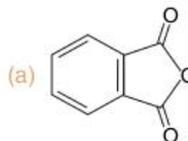
10 Fatec 2013 A matéria menciona um polímero natural formado pela condensação de monômeros por meio de ligações peptídicas.



A alternativa que apresenta, corretamente, um exemplo de monômero para a formação desse polímero e a função orgânica formada na ligação peptídica é

	Monômero	Função orgânica
(a)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Amida
(b)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Aminoácido
(c)	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}_2$	Amina
(d)	$\text{HO}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$	Ácido carboxílico
(e)	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	Cetona

11 Mackenzie 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

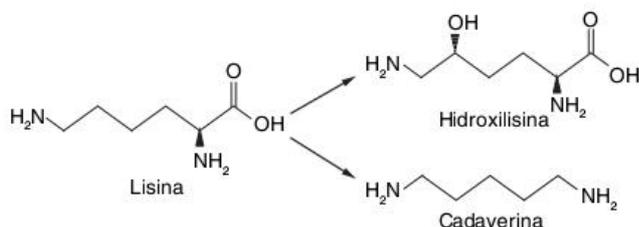


12 UEM 2012 A substituição de um hidrogênio alfa do ácido acético por um grupo amina ($-\text{NH}_2$) gera o aminoácido glicina. Uma outra substituição de um hidrogênio alfa da glicina pelo radical $-\text{CH}_2\text{SH}$ gera o aminoácido cisteína. A partir dessas informações e outras características 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 sequências 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 UFRGS A lisina é oxidada no organismo, formando a hidroxilisina, que é um componente do colágeno. Por outro lado, a degradação da lisina por bactérias durante a putrefação de tecidos animais leva à formação da cadaverina, cujo nome dá uma ideia de seu odor.



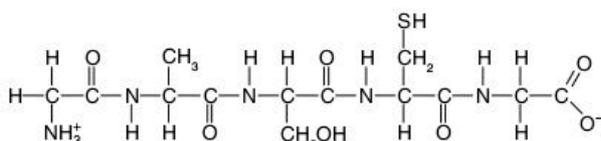
Assinale a afirmação **correta** em relação a estes compostos.

- (a) A hidroxilisina é um glicídio.
- (b) A cadaverina é um lipídio.
- (c) A lisina é uma proteína.
- (d) A lisina e a hidroxilisina são aminoácidos.
- (e) A hidroxilisina apresenta ligação peptídica.

14 Unirio A albumina, que é uma macromolécula de peso molecular em torno de 42.000 g/mol e encontrada na clara do ovo, é uma proteína formada pela reação entre:

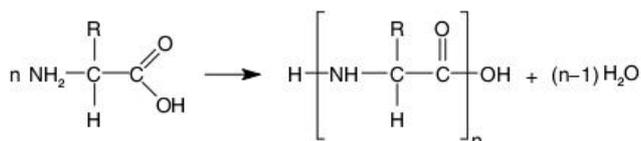
- (a) ésteres. (d) aminoácidos.
- (b) amidas. (e) ácidos carboxílicos.
- (c) aminas.

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



- (a) 2 (d) 5
- (b) 3 (e) 6
- (c) 4

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



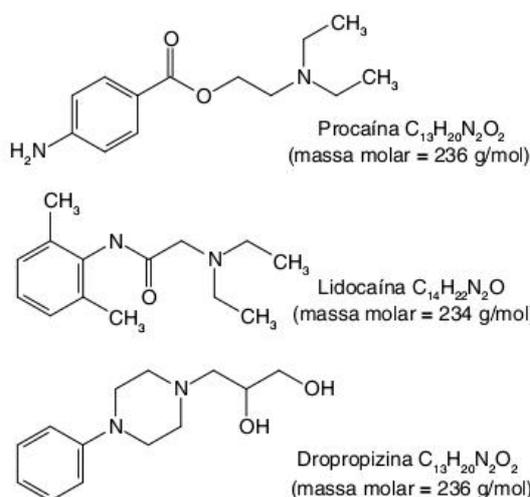
Essa estrutura primária é mantida unida por:

- (a) ligações de hidrogênio.
- (b) ligações iônicas.
- (c) ligações covalentes.
- (d) ligações de Van der Waals.

17 UFPE Alguns produtos usados na limpeza de lentes de contato funcionam transformando em aminoácidos as proteínas depositadas sobre a superfície da lente. Essa é uma reação de:

- (a) esterificação. (d) condensação.
- (b) desidratação. (e) hidrólise.
- (c) saponificação.

18 Fuvest Os três compostos a seguir têm uso farmacológico.



Considere as afirmações a seguir.

- I. Nas moléculas dos três compostos, há ligações peptídicas.
- II. A porcentagem em massa de oxigênio na dropropizina é praticamente o dobro da porcentagem do mesmo elemento na lidocaína.
- III. A procaína é um isômero da dropropizina.

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

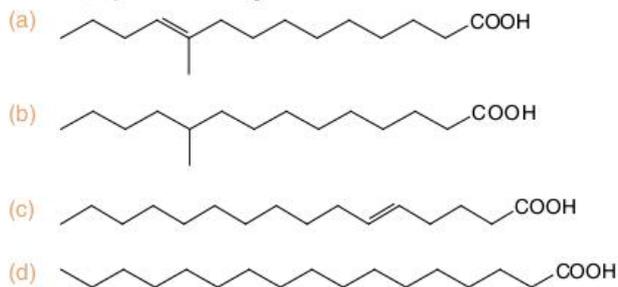
- (a) I. (d) I e II.
- (b) II. (e) II e III.
- (c) III.

Lípideos

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 Ifsul 2016 Os triglicerídeos são compostos orgânicos presentes na composição de óleos e gorduras vegetais.

A reação que permite a obtenção de triglicerídeos é denominada

- (a) esterificação. (c) saponificação.
(b) desidratação. (d) neutralização.

21 Puccamp Os lípideos são insolúveis em água e solúveis em solventes não polares porque:

- I. a água é formada por moléculas polares.
II. suas moléculas são pequenas.
III. suas moléculas não interagem com as moléculas do solvente apolar.

Dessas afirmações, somente:

- (a) I é correta.
(b) II é correta.
(c) III é correta.
(d) I e II são corretas.
(e) II e III são corretas.

22 UFSM As proteínas e as gorduras são nutrientes essenciais à nossa dieta. Durante a metabolização de uma mistura de arroz e feijão, as proteínas são quebradas até a α -aminoácidos, e os triglicerídeos, um tipo de gordura, são também desmembrados até o glicerol e os ácidos graxos, conforme esquema a seguir. Moléculas menores são assimiladas pelo nosso organismo e usadas em diversos processos metabólicos.



Durante esse processo químico da metabolização de proteínas e triglicerídeos, as enzimas quebram ligações, respectivamente, do tipo:

- (a) éster e álcool.
(b) amina e éster.
(c) éter e amida.
(d) amida e álcool.
(e) amida e éster.

23 UCS 2015 Trinta por cento da população mundial está acima do peso. A humanidade está perdendo a guerra contra a gordura. Mas e 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.

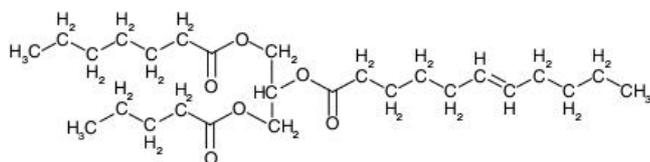
- I. As gorduras, à temperatura ambiente, podem ser sólidas ou líquidas, sendo constituídas apenas por ésteres de ácidos graxos insaturados.
II. O fato de a gordura ser uma substância de reserva torna-se ainda mais evidente em animais que vivem em situações ambientais extremas, como é o caso dos ursos 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 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.

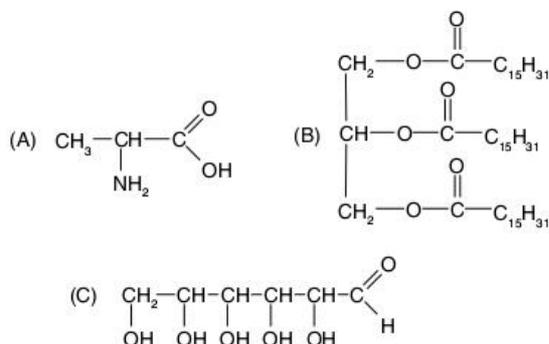
A estrutura química a seguir é de uma molécula de triacilglicerol:



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 UFPR Com relação aos compostos A, B e C a seguir, é **correto** afirmar que:



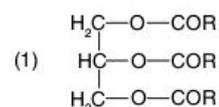
- 01 o composto A é uma proteína.
- 02 o composto B é uma gordura.
- 04 o composto C é um açúcar.
- 08 por hidrólise de B, em meio alcalino (soda cáustica), obtém-se sabão.
- 16 o composto C apresenta em sua estrutura ligações peptídicas.
- 32 o composto A possui carbono assimétrico e, consequentemente, isômeros ópticos.

Soma =

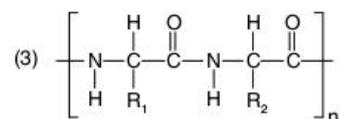
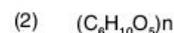
26 Puccamp São moléculas biológicas insolúveis em água, mas solúveis em solventes não polares. Podem ser classificados em lipídeos saponificáveis (por exemplo, triglicerídeos) e não saponificáveis (por exemplo, esteróis). São também lipídeos saponificáveis os fosfolipídeos (moléculas que contêm ácido fosfórico ligado ao glicerol), principais componentes da membrana celular. Sendo assim, a função orgânica que deve estar presente nos lipídeos saponificáveis é:

- (a) álcool.
- (b) cetona.
- (c) éster.
- (d) éter.
- (e) ácido carboxílico.

27 UFPE A seguir são dadas as fórmulas de alguns constituintes nutricionais encontrados em diversos alimentos.



R = radical alquila de cadeia longa



$\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{H}$ 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.

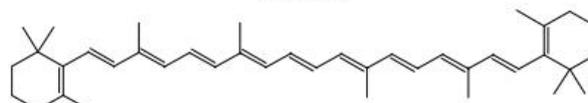
A sequência **correta** é

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

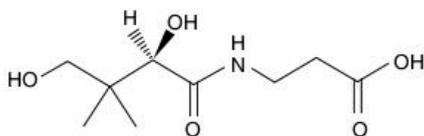
29 PUC-RS 2014 Analise o texto apresentado, que contém lacunas, e as fórmulas a seguir.

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 _____.

Caroteno



Ácido pantotênico



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

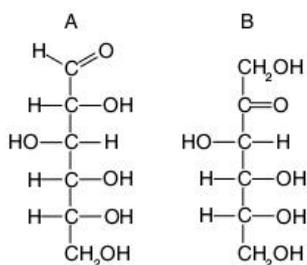
30 UEM 2012 Tendo em vista que o consumo excessivo de alimentos gordurosos é prejudicial à saúde, um vestibulando, quando foi ao mercado, leu a seguinte inscrição no rótulo de uma determinada margarina: "Fabricada com óleos vegetais hidrogenados". Sobre esse assunto, é **correto** afirmar que

- 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 =

Carboidratos

31 UFSM Considere as estruturas:



Assinale a alternativa **correta**

- (a) As estruturas A e B representam moléculas de lipídeos encontrados em vegetais.
- (b) A estrutura A representa molécula de um dissacarídeo; e a B, uma hexose.
- (c) As estruturas A e B representam moléculas de aldoses.
- (d) As estruturas A e B representam moléculas de hexoses.
- (e) A estrutura A representa molécula de um monossacarídeo; e a B, uma aldose.

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.
- (b) Apenas III.
- (c) Apenas I e II.
- (d) Apenas I e III.
- (e) I, II e III.

33 UFPel 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 UEL A sacarose, por:

- (a) decomposição total, produz água e monóxido de carbono.
- (b) hidrólise, produz amido.
- (c) polimerização, produz gorduras.
- (d) fermentação, produz etanol.
- (e) inversão, produz frutose e oxigênio.

35 Ifsul 2017 O glúten e a lactose são os novos vilões da alimentação. Como todo vilão, causam medo e fanatismo. Muitas pessoas pregam seu completo banimento da alimentação humana. Resta saber se esse modismo passará como tantos outros ou se veio para ficar. O glúten é uma proteína presente em grãos de espécies da *Tribo Triticeae* e a lactose é um carboidrato presente no leite.

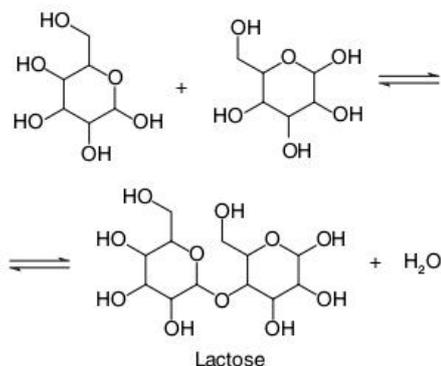
Sobre esses grupos funcionais, analise as afirmativas a seguir:

- I. Proteínas são polímeros de ésteres de ácidos graxos com o propano-1, 2, 3-triol.
- II. As proteínas podem apresentar estruturas primárias (principal), secundárias, terciárias ou quaternárias.
- III. Carboidratos são compostos de função mista do tipo poliálcool-aldeído ou poliálcool-cetona e outros compostos que, por hidrólise, dão poliálcoois-aldeídos e/ou poliálcoois-cetonas.

Estão **corretas** as afirmativas

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

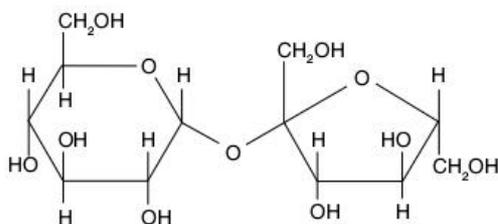
36 UEM 2016 Com base na reação de formação da lactose, assinale o que for **correto**.



- 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 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 .

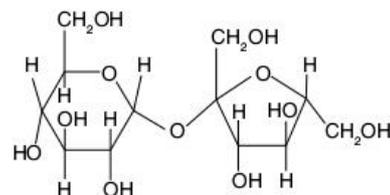
Das proposições apresentadas,

- (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 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?

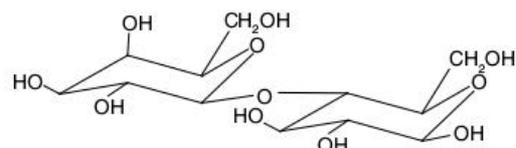
- (a) Glicose e frutose formam a sacarose que, por sua vez, é o monômero constituinte da celulose.
- (b) A frutose é o monômero formador da celulose.
- (c) Glicose e frutose são constituintes da celulose.
- (d) A glicose é o monômero formador da celulose.
- (e) Glicose, frutose e celulose são monossacarídeos 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:



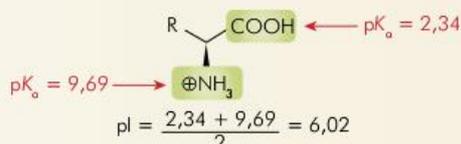
A lactose é hidrolisada pela ação da lactase, uma enzima do suco intestinal, produzindo:

- (a) ribose e sacarina.
- (b) glicina e alanina.
- (c) glicose e galactose.
- (d) guanina e glicose.
- (e) frutose e glicerina.

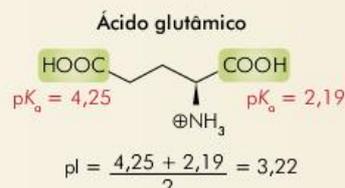
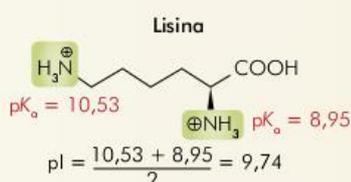
TEXTOS COMPLEMENTARES

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.

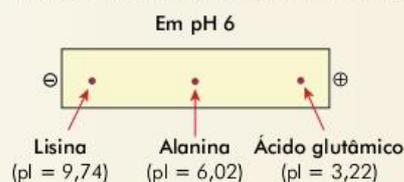


Para aminoácidos com cadeias laterais ácidas ou básicas, o pI é a média dos dois valores de pK_a que correspondem com os grupos semelhantes. Por exemplo, o pI da lisina é determinado pelos dois grupos amino, enquanto o pI do ácido glutâmico é determinado pelos dois grupos ácido carboxílico.

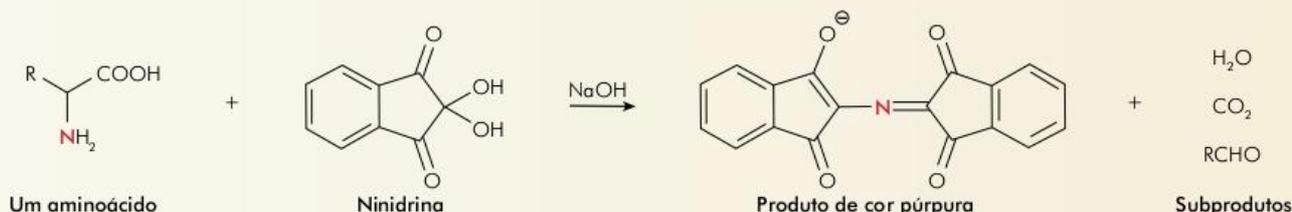


Separação de aminoácidos por eletroforese

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 uma 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.

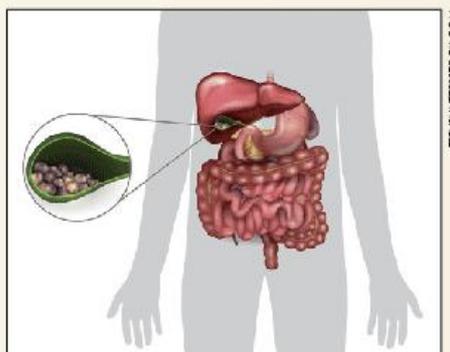
A eletroforese não pode ser utilizada para separar grandes quantidades de aminoácidos. Ela é usada apenas como um método analítico para a determinação do número de aminoácidos em uma mistura. A fim de separar realmente uma mistura completa de aminoácidos, são utilizadas outras técnicas de laboratório, tais como cromatografia de coluna.

KLEIN, David. *Química Orgânica*. Trad. Oswaldo Esteves Barcia; Leandro Soter de Mariz Miranda; Edilson Clemente da Silva. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 2. p. 522-3.

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.

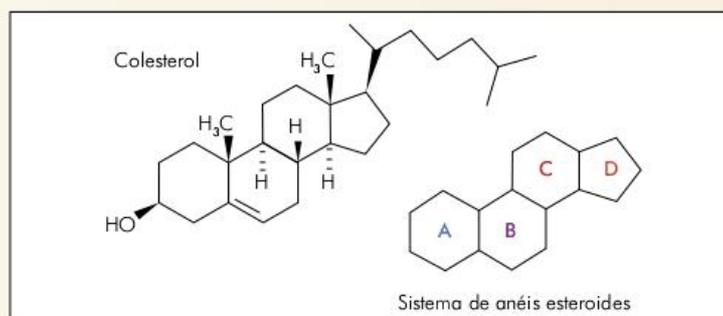


O colesterol é encontrado nas pedras da vesícula, que são materiais semelhantes aos minerais, formadas na vesícula biliar do corpo. Pedras na vesícula variam em tamanho de poucos milímetros a alguns centímetros.



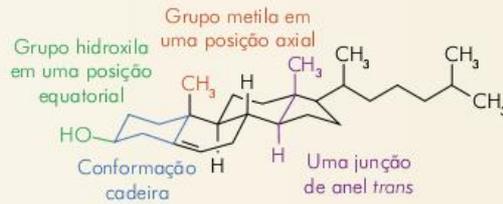
O colesterol está presente em produtos de origem animal, como carne, peixe, leite e gemas de ovos. Ele não é encontrado em plantas.

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.



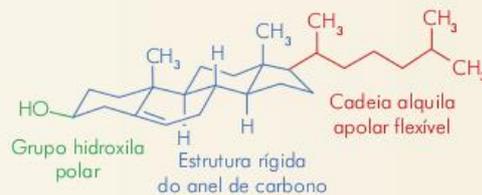
O sistema de anéis esteroides do colesterol.

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 aplina a estrutura da metade do anel. Isso é denominado **conformação meia cadeira**.

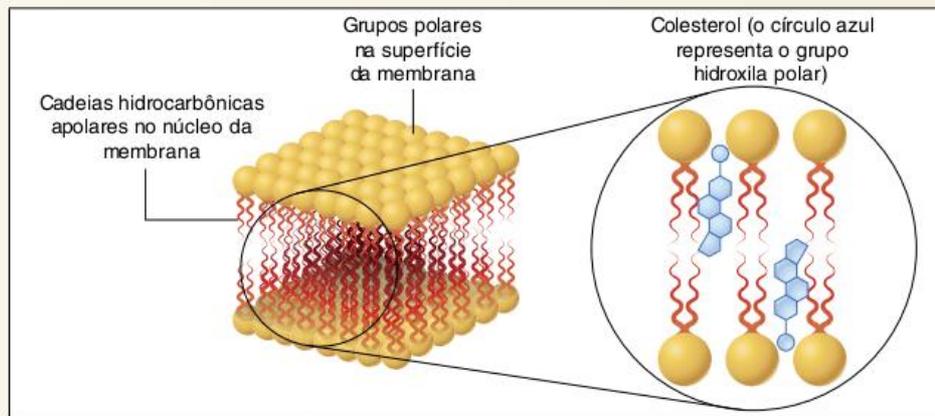


Nas junções de anéis (onde os anéis se encontram) do colesterol, os grupos metila, de tamanho pequeno, e os átomos de hidrogênio estão em posições axiais. Para minimizar a tensão estérica, os dois grupos na junção dos anéis estão em lados opostos da molécula. Assim, diz-se que a junção dos anéis tem 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.

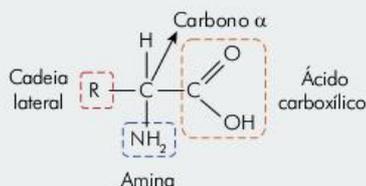
BURROWS, Andrew *et al.* *Química: introdução à Química Inorgânica, Orgânica e Físico-Química*. Trad. Edilson Clemente da Silva *et al.* Rio de Janeiro: LTC, 2012. p. 60-1.

RESUMINDO

Aminoácidos e proteínas

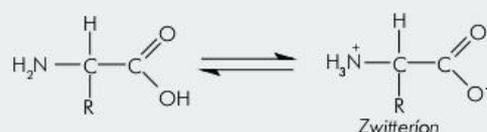
Aminoácidos são substâncias orgânicas que têm pelo menos um grupo amina e um grupo carboxila em sua estrutura.

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.

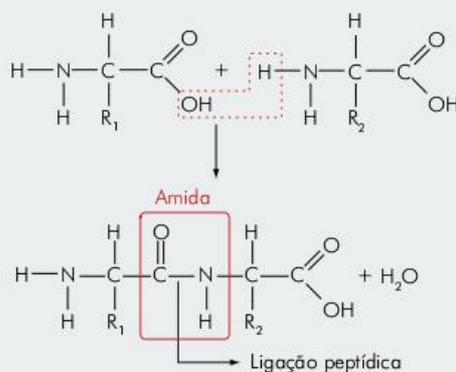
Dessa forma, os aminoácidos, quando dissolvidos em água, sofrem neutralização intramolecular, formando um íon dipolar, também conhecido como *zwitterion*.



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.



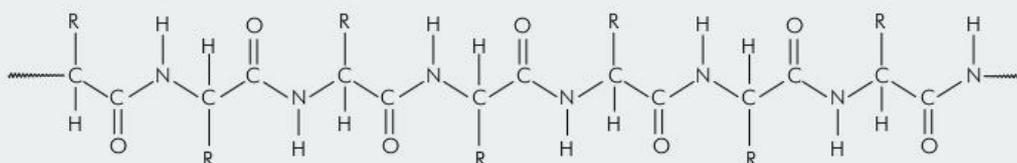
As proteínas são copolímeros de condensação (poliamidas naturais) formados por até 20 α -aminoácidos diferentes e, por serem substâncias orgânicas muito grandes, têm estruturas mais complexas que a de substâncias orgânicas pequenas.

Estrutura das proteínas

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

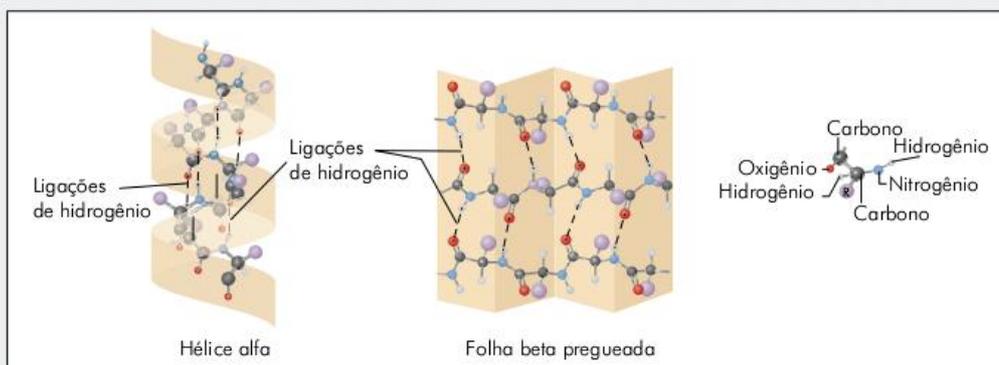
- **Estrutura primária**

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 $-\text{NH}_2$ ou $-\text{OH}$ com grupos R de aminos distantes.

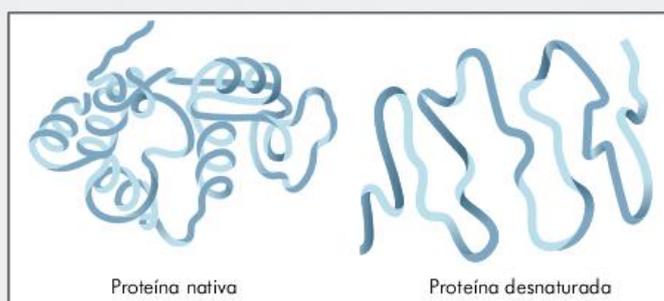
- **Estrutura quaternária**

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.



Lípideos

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

Ácidos graxos

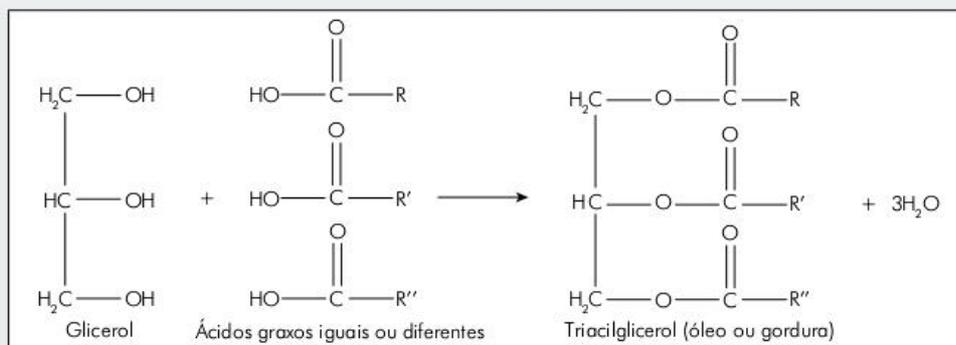
Ácidos carboxílicos de cadeia longa usados pelos seres vivos na síntese de triacilgliceróis.

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.

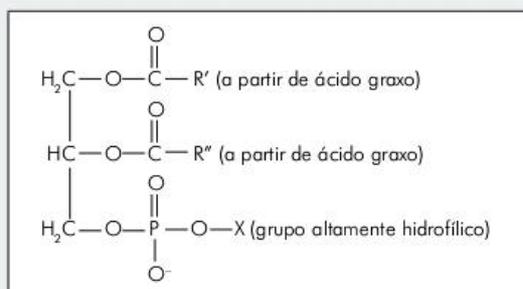
Como o glicerol tem três grupos hidroxila, os triacilgliceróis formarão três grupos ésteres com três ácidos graxos.



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

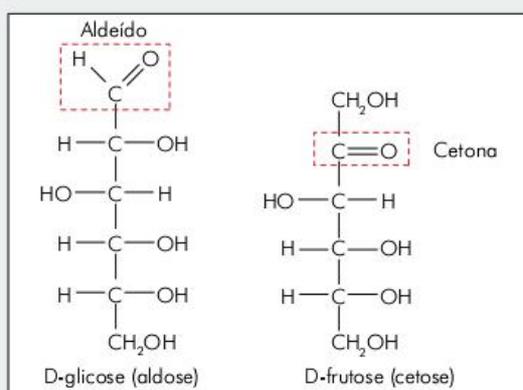
Também conhecidos por hidratos de carbono, açúcares ou glicídios, os carboidratos são as biomoléculas mais abundantes na natureza. São formados por carbono, oxigênio e hidrogênio e sua fórmula mínima é $\text{C}_x(\text{H}_2\text{O})_y$.

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

Monossacarídeos ou oses

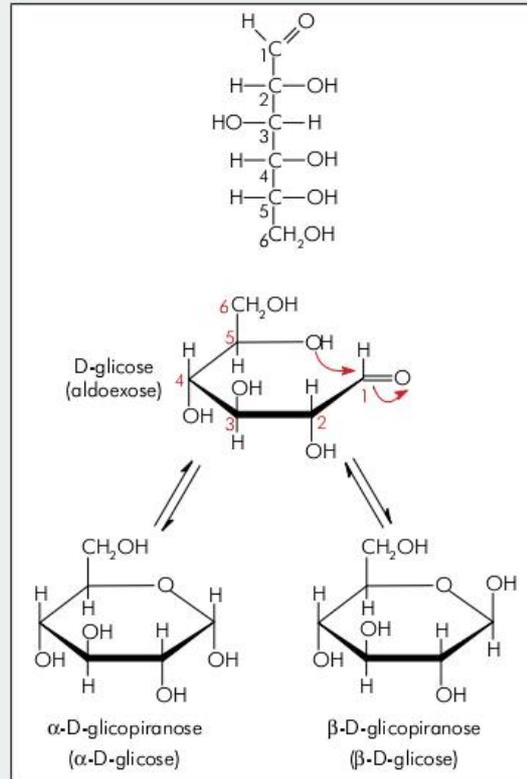
Os carboidratos mais simples. Correspondem às unidades básicas dos carboidratos e, portanto, não sofrem hidrólise.

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



Monossacarídeos.

Estrutura cíclica dos monossacarídeos

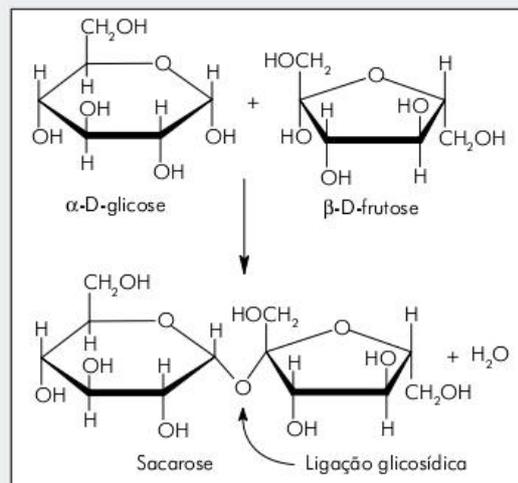


Ciclização da glicose.

Oligossacarídeo

Cadeias curtas compostas por 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 $C_{12}H_{22}O_{11}$.



Formação da sacarose.

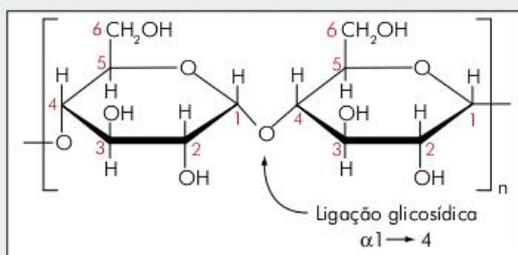
Polissacarídeos

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**

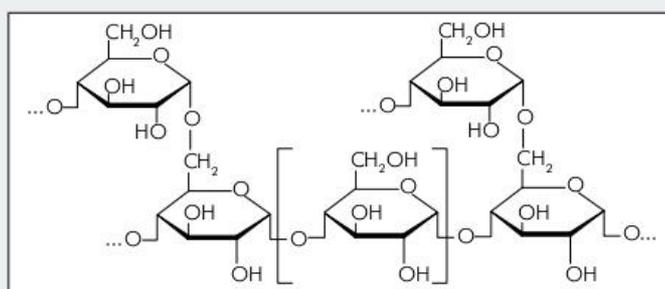
É um homopolímero de condensação de α -D-glicose. Sua fórmula molecular é $(C_6H_{10}O_5)_n$. As ligações glicosídicas entre as moléculas de glicose ocorrem entre as hidroxilas ligadas aos carbonos 1 e 4 de diferentes moléculas de glicose.



Ligação glicosídica do amido.

• **Glicogênio**

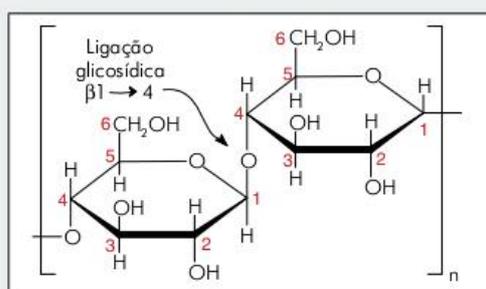
Homopolímero de condensação formado por unidades de α -D-glicose unidas por ligações glicosídicas ($\alpha \rightarrow 1,4$) com ligações ($\alpha \rightarrow 1,6$) nas ramificações. Sua fórmula molecular é $(C_6H_{10}O_5)_n$. A principal diferença do amido e do glicogênio está relacionada ao maior grau 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 ($\beta \rightarrow 1,4$), cuja fórmula molecular é $(C_6H_{10}O_5)_n$.



Ligação glicosídica ($\beta \rightarrow 1,4$) na celulose.

QUER SABER MAIS?



SITES

- Revista de ensino de bioquímica
<<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB>>
- Revista pesquisa Fapesp
<<http://revistapesquisa.fapesp.br/tag/bioquimica/>>
- Bioquímica Brasil
<<https://www.bioquimicabrasil.com/>>



LIVRO

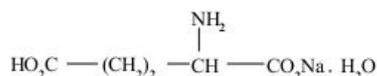
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

Exercícios complementares

Aminoácidos e proteínas

- 1 Unesp** Escreva a fórmula estrutural e dê o nome oficial de:
- uma cetona, de cadeia carbônica ramificada saturada, com o total de 7 átomos de carbono.
 - um aminoácido, com 4 átomos de carbono.

- 2 UEL** 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 Udesc** Qualquer proteína é formada por uma cadeia de aminoácidos. Os aminoácidos são chamados assim porque todos eles contêm o grupo amino (NH_2) e o grupo carboxílico (COOH). A reação para formação da proteína é conhecida como ligação peptídica e ocorre através da reação entre grupo amino de um aminoácido com o grupo carboxílico de outro aminoácido. A seguir, estão apresentadas algumas estruturas de aminoácidos.

- Desenhe a estrutura de Lewis do aminoácido alanina, ver figura 1.
- Qual dos aminoácidos citados, ver figura 5, no texto, tem a nomenclatura oficial ácido 3-metil-2-aminopentanoico?
- A reação geral entre dois aminoácidos, para obtenção de proteínas, é apresentada na figura 5.

Faça a ligação peptídica, obtenção de proteína, entre o grupo amino do aminoácido alanina e o grupo carboxílico do aminoácido fenilalanina.

Figura 1

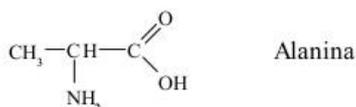


Figura 2

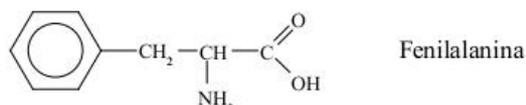


Figura 3

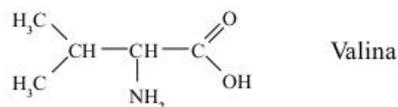


Figura 4

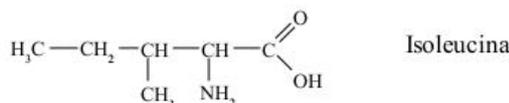
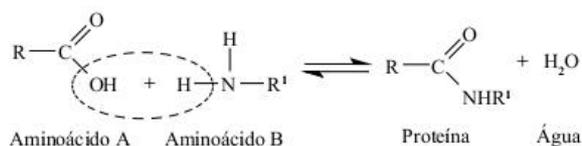


Figura 5



- 4 Fuvest** A complexidade das estruturas dos materiais a seguir aumenta na ordem:

- diamante, glicose, proteína.
- diamante, proteína, glicose.
- glicose, diamante, proteína.
- glicose, proteína, diamante.
- proteína, diamante, glicose.

- 5 UEL** Entre os compostos a seguir, o que por hidrólise produz aminoácido é:

- hidrato de carbono.
- gordura animal.
- gordura vegetal.
- proteína.
- alcaloide.

- 6 Ifsul 2015** Observe os produtos a seguir:



Disponível em: <<http://www.google.com.br/imgens>>. Acesso em: 27 abr. 2015. (Adapt.)

Qual deles é rico em proteínas?

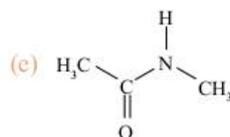
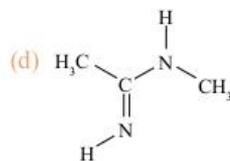
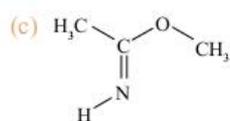
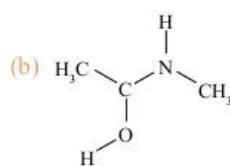
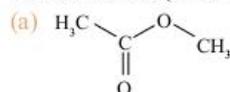
- 1
- 2
- 3
- 4

- 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

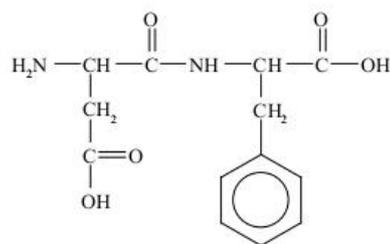
proteínas. Os animais ingerem alimentos proteicos para suprir seu organismo de:

- (a) ácidos carboxílicos.
- (b) açúcares.
- (c) glicerídios.
- (d) aminoácidos.
- (e) 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:

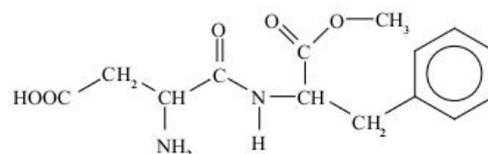
- (a) $C_4H_8N_2O_3 - C_9H_{12}O_3$
- (b) $C_4H_8N_2O_4 - C_9H_{12}O_2$
- (c) $C_4H_7NO_3 - C_9H_{11}NO_3$
- (d) $C_4H_7NO_4 - C_9H_{11}NO_2$

10 Udes Os aminoácidos são indispensáveis ao bom funcionamento do organismo humano. Dentre os essenciais, destacam-se leucina, valina, isoleucina, lisina, fenilalanina, metionina e triptofano, cujas principais fontes são as carnes, o leite e o ovo. Já entre os não essenciais, que podem ser sintetizados a partir dos alimentos ingeridos, destacam-se alanina, asparagina, cisteína, glicina, glutamina, hidroxilisina, tirosina.

Escreva a fórmula estrutural dos aminoácidos citados a seguir.

- a) Leucina: ácido 2-amino-4-metilpentanoico.
- b) Tirosina: ácido 2-amino-3-(*p*-hidroxifenil) propanoico.
- c) Glicina: ácido 2-aminoetanoico.
- d) Fenilalanina: ácido 2-amino-3-fenilpropanoico.

11 UEPG 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 UFPel 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.

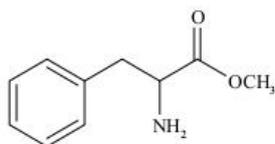
Sobre as proteínas mencionadas no texto, considere as seguintes afirmativas.

- Elas são polímeros de alfa aminoácidos.
- Quando hidrolisadas, elas produzem glicerina (propano-1,2,3-triol) e ácidos graxos.
- Em suas estruturas, os monômeros se unem através de ligações peptídicas.
- Elas são polímeros cuja unidade monômera é o monossacarídeo glicose.

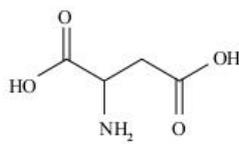
Dessas afirmativas, estão **corretas** apenas:

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

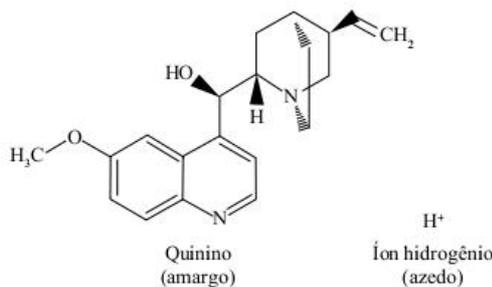
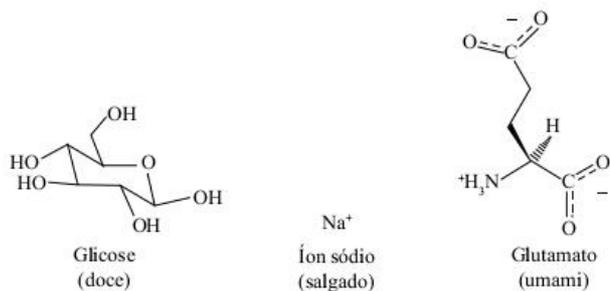
- Apresente a estrutura do aspartame (notação em bastão).
- Identifique na estrutura do aspartame a ligação peptídica citada.
- Qual é a função química que corresponde à ligação peptídica?

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:

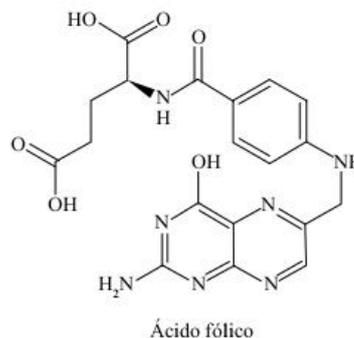
- primária.
- secundária.
- terciária.
- quaternária.

15 USCS 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.



Disponível em: <www.quimica.net>. (Adapt.)

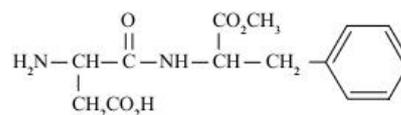
O ácido glutâmico, derivado do glutamato, faz parte da molécula de ácido fólico, cuja estrutura está representada na figura.



Ácido fólico

- Quais as funções químicas orgânicas comuns às moléculas responsáveis pelos sabores doce e amargo?
- Dê o nome da ligação que une a molécula de ácido glutâmico ao restante da cadeia orgânica do ácido fólico. Em que tipo de macromolécula de interesse biológico tal ligação é comumente encontrada?

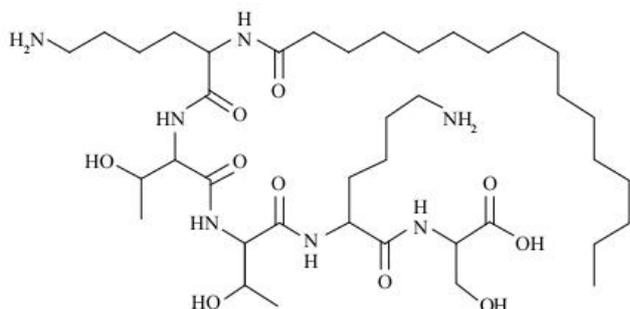
16 Fuvest O aspartame, adoçante artificial, é um éster de um dipeptídeo.



Esse adoçante sofre hidrólise, no estômago, originando dois aminoácidos e uma terceira substância.

- Escreva as fórmulas estruturais dos aminoácidos formados nessa hidrólise.
- Qual é a terceira substância formada nessa hidrólise? Explique de qual grupo funcional se origina essa substância.

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+antirru+ga+esta+nas+nanoparticulas.html>>. (Adapt.)

O texto traz uma abordagem sobre

- (a) a síntese de um oligossacarídeo a partir de produtos de beleza.
- (b) a produção de um polissacarídeo na pele, estimulada pelo uso de cremes.
- (c) o estímulo da biossíntese do colágeno por uma proteína contida no creme.
- (d) o aumento da concentração de uma proteína pela ação de um derivado de um pentapeptídeo.
- (e) a decomposição de macromoléculas causadoras de rugas pela ação de nanofitas dos cosméticos.

18 Fuvest 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

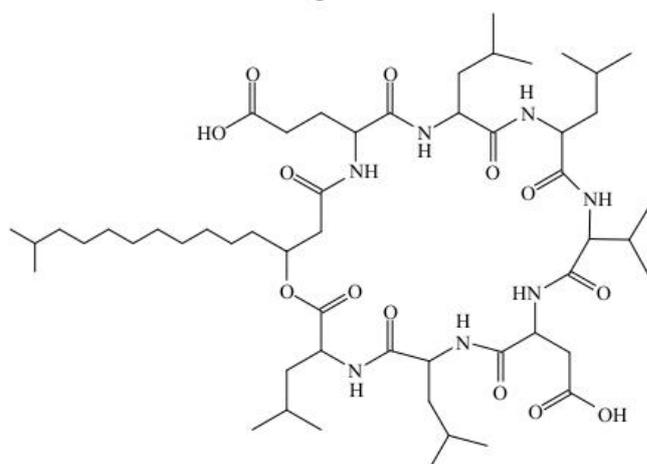
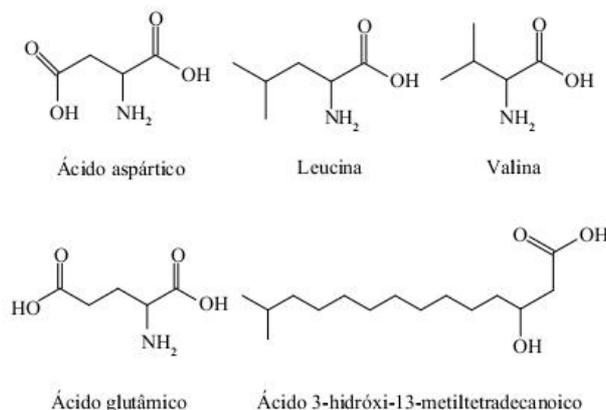


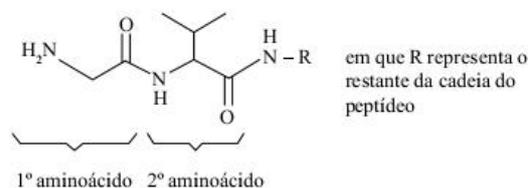
Figura 2



Na construção dessa estrutura, o ácido aspártico, a leucina e a valina teriam participado na proporção, em mols, respectivamente, de:

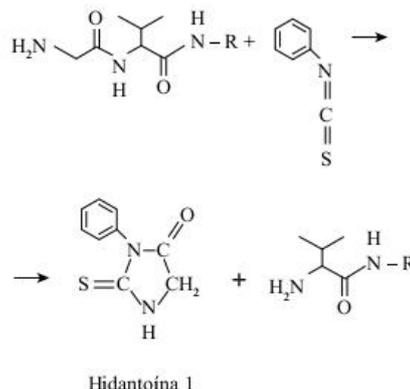
- (a) 1 : 2 : 3
- (b) 3 : 2 : 1
- (c) 2 : 2 : 2
- (d) 1 : 4 : 1
- (e) 1 : 1 : 4

19 Fuvest 2012 Peptídeos são formados por seqüências de aminoácidos, como exemplificado para o peptídeo a seguir:

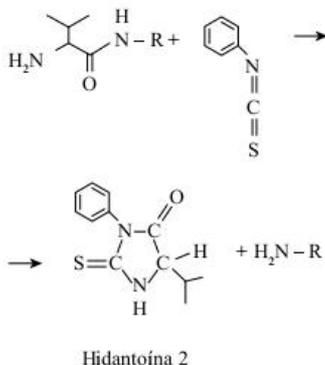


Para identificar os dois primeiros aminoácidos desse peptídeo e também a seqüência de tais aminoácidos, foram efetuadas duas reações químicas. Na primeira reação, formaram-se uma hidantoína e um novo peptídeo com um aminoácido a menos. Esse novo peptídeo foi submetido a uma segunda reação, análoga à 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 hidantoinas, 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 hidantoinas formadas;
- a fórmula estrutural do peptídeo desconhecido formado pelos três aminoácidos do item a).

20 Fuvest 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

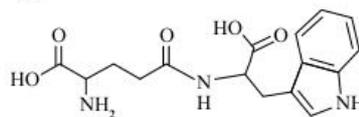
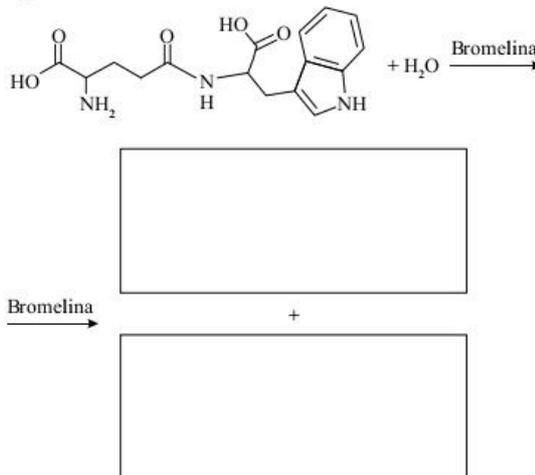
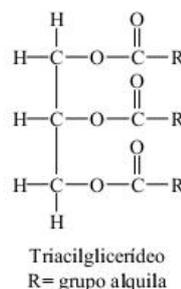


Figura 2



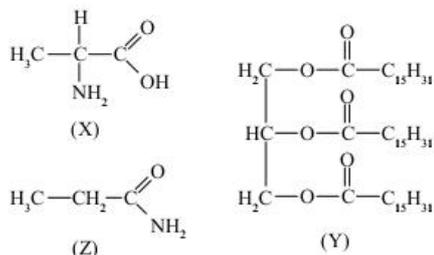
Lipídeos

21 UEL Um agricultor utiliza em sua lavoura de café o adubo químico NPK, assim denominado por conter em sua formulação nitrogênio, fósforo e potássio. O potássio é adicionado ao adubo na forma de KCl . Depois de aplicado ao solo, o íon potássio é absorvido pelo cafeeiro. Após colhido e beneficiado o café, esse agricultor utiliza as cascas obtidas para alimentar uma fôrnalha. A cinza gerada na fôrnalha, contendo óxido de potássio, é colocada em latões com pequenos furos no fundo. A esses latões adiciona-se água, recolhendo, através dos furos, hidróxido de potássio em solução. Essa solução é misturada com sebo de boi, que contém triacilglicerídeos, e submetida à fervura, resultando na obtenção de um excelente sabão contendo glicerol.



- Escreva a equação balanceada da reação do óxido de potássio e água.
- Escreva a equação da reação de saponificação que ocorre entre 3 mols de KOH e 1 mol de triacilglicerídeo (fórmula dada anteriormente).
- Calcule a massa, em gramas, de glicerol formada pela reação de saponificação completa de um mol de triacilglicerídeo.
- Dê a fórmula estrutural e o nome sistemático (IUPAC) do glicerol.

22 UFSCar Considere os compostos X, Y e Z, cujas fórmulas estruturais são fornecidas a seguir.

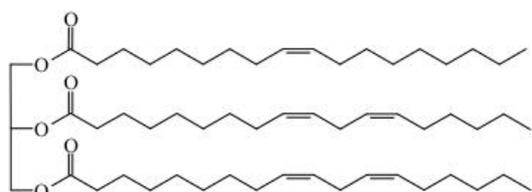


Com respeito a esses compostos, pode-se afirmar, corretamente, que:

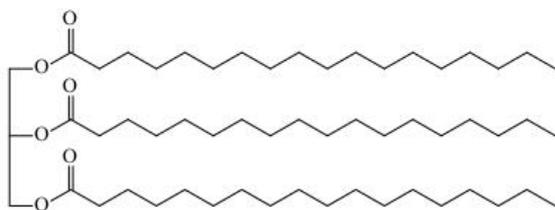
- (a) Y reage com NaOH em solução aquosa, formando sabão.
- (b) X e Z são isômeros de função.
- (c) Y é um ácido carboxílico.
- (d) X é uma proteína.
- (e) Z é uma amina.

23 UFPR No esclarecimento de um furto, várias análises químicas foram realizadas. Após os testes, o seguinte laudo foi apresentado.

- a) O móvel que continha o objeto furtado estava manchado com azeite.
- b) Comprovou-se a presença da mesma substância proveniente do azeite nas roupas do suspeito A.
- c) Na roupa do suspeito B, foi encontrada uma substância presente na margarina.



Substância presente no azeite



Substância presente na margarina

Sabendo-se que as substâncias presentes no azeite e na margarina apresentam a mesma estrutura molecular, diferindo em algumas duplas-ligações carbono-carbono, como ilustrado anteriormente, é **correto** afirmar que:

- 01 através de uma reação de bromação de alcenos, é possível diferenciar a substância presente no azeite da substância presente na margarina.
- 02 a substância presente no azeite apresenta a função éster que, por hidrólise, pode levar à obtenção de álcool e ácido carboxílico.

04 a hidrólise dos compostos mostrados anteriormente resultaria em um mesmo produto.

08 uma simples hidrogenação da amostra encontrada no suspeito A teria como produto final a mesma substância da amostra encontrada no suspeito B.

16 na reação da substância presente no azeite com Br_2 , cada molécula representada anteriormente daria origem a uma outra molécula contendo cinco átomos de bromo em sua fórmula molecular.

Soma =

24 Uece Moléculas altamente reativas, como o oxigênio, produzem radicais livres no decorrer das reações bioquímicas. Os radicais livres formados reagem rapidamente com lipídeos insaturados presentes na membrana celular, ocasionando lesões ou até mesmo a sua destruição. O material cromossômico presente no núcleo da célula pode ser também afetado, tendo como resultado o desenvolvimento de células cancerosas. Com relação aos lipídeos, é **correto** afirmar que:

- (a) as gorduras mais NaOH formam sabões, que são eficazes na água dura, devido ao fato de os sais de cálcio e magnésio formados serem solúveis em água.
- (b) o composto $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ é um ácido graxo insaturado.
- (c) na constituição das gorduras (sólidos à temperatura ambiente), participam em maior proporção os ácidos graxos insaturados.
- (d) na constituição dos óleos (líquidos à temperatura ambiente), participam em maior proporção os ácidos graxos insaturados.

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 CPS Leia as informações dadas.

Por praticidade e excesso de afazeres, os pais brasileiros têm alimentado seus filhos com *fast-foods* e refrigerantes. Segundo pesquisas, esse hábito tem aumentado o índice de colesterol entre os jovens. Outra fonte de risco é o sedentarismo causado pelo entretenimento desses jovens com a TV, o computador e os jogos eletrônicos. Na combinação dos fatores citados, está a obesidade quase sempre ligada à hipertensão.

O Congresso norte-americano estuda a possibilidade de aprovar uma legislação que obrigue as redes de restaurantes *fast-foods* a divulgarem informações nutricionais em seus cardápios, pois, segundo o Centro de Controle de Doenças dos EUA, quase 2/3 da população têm excesso de peso ou são obesos.

Considere as seguintes afirmações.

- I. Os pais brasileiros estão copiando os hábitos alimentares dos EUA porque atingiram o poder aquisitivo igual ao dos norte-americanos.
- II. Uma das causas da obesidade é a alimentação inadequada, por exemplo, alimentos ricos em gorduras, presentes em *fast-foods*.
- III. O excesso de atividade física é responsável pelo aumento de colesterol dos jovens brasileiros atualmente.
- IV. A combinação de dieta desequilibrada com sedentarismo tem provocado o aumento de peso e, conseqüentemente, o risco de hipertensão entre os jovens brasileiros.

A alternativa que contém todas as afirmações válidas é:

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

27 Fuvest A composição de óleos comestíveis é, usualmente, dada pela porcentagem em massa dos ácidos graxos obtidos da hidrólise total dos triglicerídeos que constituem tais óleos. Segue-se esta composição para os óleos de oliva e milho.

Tipo de óleo	Porcentagem em massa de ácidos graxos		
	Palmítico $C_{15}H_{31}CO_2H$ M = 256	Oleico $C_{17}H_{33}CO_2H$ M = 282	Linoleico $C_{17}H_{31}CO_2H$ M = 280
Oliva	10	85	05
Milho	10	30	60

M = massa molar em g/mol

Um comerciante comprou óleo de oliva, mas, ao receber a mercadoria, suspeitou tratar-se de óleo de milho. Um químico lhe explicou que a suspeita poderia ser esclarecida determinando-se

o índice de iodo, que é a quantidade de iodo, em gramas, consumida por 100 g de óleo.

- a) Os ácidos graxos insaturados da tabela têm cadeia aberta e consomem iodo. Quais são esses ácidos? Justifique.
- b) Analisando-se apenas os dados da tabela, qual dos dois óleos apresentará maior índice de iodo? Justifique.

Carboidratos

28 Ufes O estado do Espírito Santo é um grande produtor de polpa de celulose branqueada. A celulose é um carboidrato fibroso encontrado em todas as plantas, sendo o polissacarídeo mais abundante na natureza, formado pela condensação de moléculas de:

- (a) sacarose.
- (b) ribulose.
- (c) maltose.
- (d) glicose.
- (e) ribose.

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.



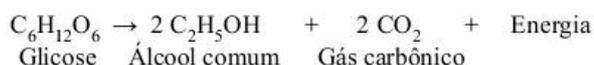
I



II

Um professor de Química explicaria esse procedimento da seguinte maneira:

A bola de massa toma-se menos densa que o líquido e sobe. A alteração da densidade deve-se à fermentação, processo que pode ser resumido pela equação:



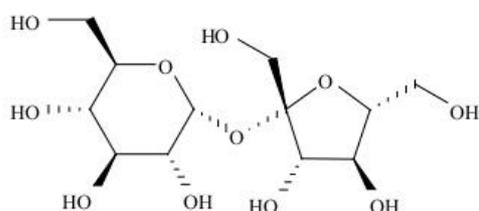
Considere as afirmações a seguir.

- 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.
- (b) II está correta.
- (c) I e II estão corretas.
- (d) II e III estão corretas.
- (e) III está correta.

30 UFSM Considere a estrutura molecular da sacarose.



Então, é **correto** afirmar que ela é:

- (a) um monossacarídeo.
- (b) uma furanose apenas.
- (c) formada por piranose e furanose.
- (d) formada por pentoses.
- (e) uma piranose apenas.

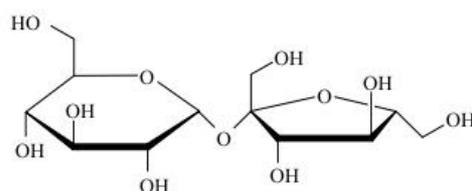
31 ITA Considere as afirmações.

- 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 panelas.

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) $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CHO} + \text{HOCH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{OH}$
- (b) $\text{HOCH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CHO} + \text{HOCH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{OH}$
- (c) $\text{HOCH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CHO} + \text{HOCH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{C}(=\text{O})\text{CH}_3$
- (d) $\text{HOCH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{C}(=\text{O})\text{CH}_3 + \text{HOCH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{C}(=\text{O})\text{CH}_2\text{OH}$
- (e) $\text{HOCH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CHO} + \text{HOCH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{C}(=\text{O})\text{CH}_2\text{OH}$

33 UFU Polímeros são macromoléculas orgânicas construídas a partir de muitas unidades pequenas que se repetem, chamadas monômeros. Assinale a alternativa que apresenta somente polímeros naturais.

- (a) Celulose, plástico, poliestireno.
- (b) Amido, proteína, celulose.
- (c) Amido, náilon, polietileno.
- (d) Plástico, PVC, teflon.

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.

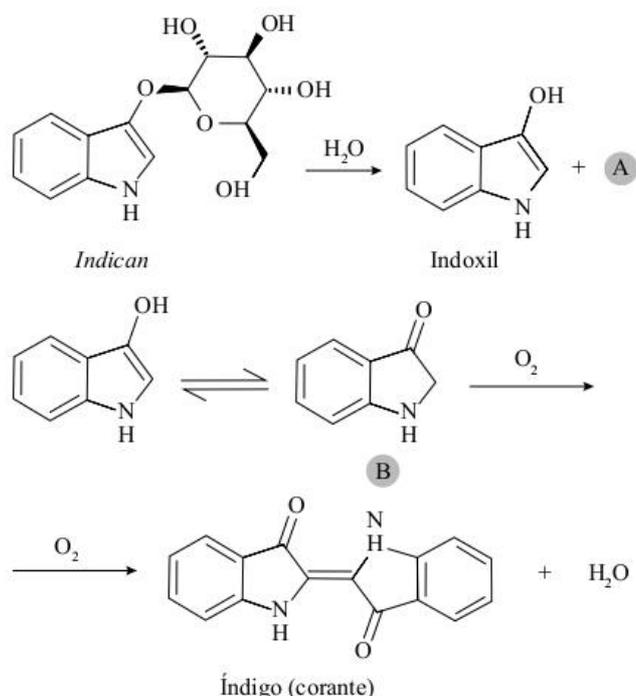
O principal componente químico da farinha é o amido, que é um:

- (a) lipídeo.
- (b) poliéter.
- (c) peptídeo.
- (d) poliéster.
- (e) polissacarídeo.

35 UFSM 2012 A começar pelos pigmentos naturais utilizados nas primeiras pinturas rupestres, as substâncias químicas têm sido desde sempre utilizadas pelos artistas. Atualmente, diversas substâncias químicas modernas, sintéticas ou naturais, como solventes, resinas, colas e fungicidas, são essenciais para preservar a herança artística e cultural mundial. Por exemplo, os químicos, juntamente com restauradores e curadores de museus, buscam compreender a natureza e a composição dos materiais utilizados por determinado artista, as mudanças físicas e químicas que ocorrem nesses materiais com o passar dos anos e como afetam a composição e as propriedades cromáticas do material original.

Esses estudos demonstram que o índigo é um dos pigmentos orgânicos mais antigos, tendo sido usado na Índia e também no Império Maia. O índigo foi, inicialmente, produzido a partir do *indican*, um produto natural obtido de plantas, como a *Indigofera tinctoria*.

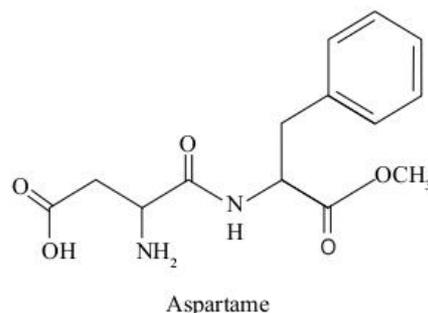
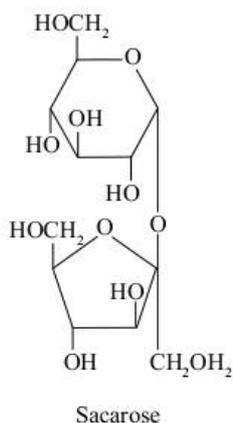
Observe as equações químicas, mostrando a síntese do índigo a partir do *indican*:



O produto A, na primeira reação, é uma aldose que também está presente na constituição da sacarose. Qual o nome de A?

- (a) monossacarídeo. (d) glicose.
 (b) hexose. (e) galactose.
 (c) frutose.

36 Mackenzie O aspartame é um dipeptídeo cristalino, inodoro, de baixa caloria e com uma doçura de 180 a 200 vezes à da sacarose, que é um dissacarídeo formado por glicose e frutose. A seguir estão representadas as fórmulas estruturais da sacarose e do aspartame.



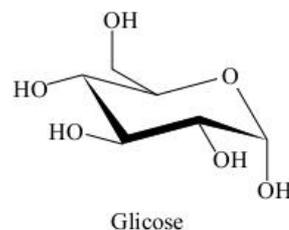
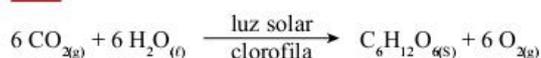
A respeito dessas moléculas, considere as afirmações I, II, III, IV e V.

- I. O aspartame possui os grupos funcionais ácido carboxílico, amina, cetona e éster.
- II. A sacarose possui uma ligação peptídica unindo a glicose e a frutose.
- III. Na molécula do aspartame, existe somente um átomo de carbono terciário.
- IV. A sacarose é um hidrocarboneto de fórmula molecular C₁₂H₂₂O₁₁.
- V. A molécula do aspartame possui atividade óptica.

Estão **corretas**, somente,

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

37 EBMSP 2017



Os organismos fotossintéticos removem parte do dióxido de carbono da atmosfera, o que diminui a concentração de gases de efeito estufa emitidos por atividades antrópicas e, a partir da absorção de energia solar, produzem glicose, de acordo com a reação química representada de maneira simplificada pela equação química. Moléculas de glicose, representadas pela estrutura química, combinam-se para formar a celulose – constituinte da parede celular dos vegetais – e o amido – armazenado em diferentes órgãos vegetais.

Considerando-se as informações e os conhecimentos das Ciências da Natureza, é **correto** afirmar:

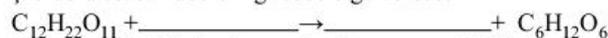
- (a) A glicose é um carboidrato de caráter básico que apresenta o grupo funcional das cetonas na sua estrutura química.
- (b) O volume de CO₂(g) retirado da atmosfera pela absorção de 500 g do gás na fotossíntese é de 200 L, medidos nas CNTP.

- (c) A energia liberada no processo de fotossíntese é utilizada para o desenvolvimento dos seres vivos de uma cadeia alimentar.
- (d) O amido e a celulose são polímeros naturais obtidos pela reação de condensação entre moléculas de glicose com eliminação de água.
- (e) A ingestão de celulose, presente nas folhas verdes, é importante para a obtenção das moléculas de glicose utilizadas pelas células do organismo humano.

38 Unicamp A Química está presente em toda atividade humana, mesmo quando não damos a devida atenção a isso... Esta história narra um episódio no qual está envolvido um casal de policiais técnicos, nossos heróis, famosos pela sagacidade, o casal Mitta: Dina Mitta, mais conhecida como “Estrondosa” e Omar Mitta, vulgo “Rango”. A narrativa que se segue é ficção. Qualquer semelhança com a realidade é pura coincidência.

Os nossos heróis estranharam a presença dos dois copos sobre a mesa, indicando que teria passado mais alguém por ali. Além disso, havia leite e, pela ficha cadastral, eles sabiam que o guarda não podia tomá-lo, pois sofria de deficiência de lactase, uma enzima presente no intestino delgado. Portanto, se o guarda tomasse leite, teria diarreia. Na presença de lactase, a lactose, um dissacarídeo, reage com água dando glicose e galactose, monossacarídeos.

- a) Complete a equação a seguir, que representa a transformação do dissacarídeo em glicose e galactose:



- b) Se com a finalidade de atender às pessoas deficientes em lactase, principalmente crianças, um leite for tratado com a enzima lactase, ele terá o seu “índice de doçura” aumentado ou diminuído? Justifique. Lembre-se de que o “poder edulcorante” é uma propriedade aditiva e que traduz quantas vezes uma substância é mais doce do que o açúcar, considerando-se massas iguais. A lactose apresenta “poder edulcorante” 0,26, a glicose 0,70 e a galactose 0,65.

12

FRENTE 1

Recursos orgânicos

LUCIMANISTOCKPHOTO.COM



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 fontes 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.

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). 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.



Fig. 1 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.

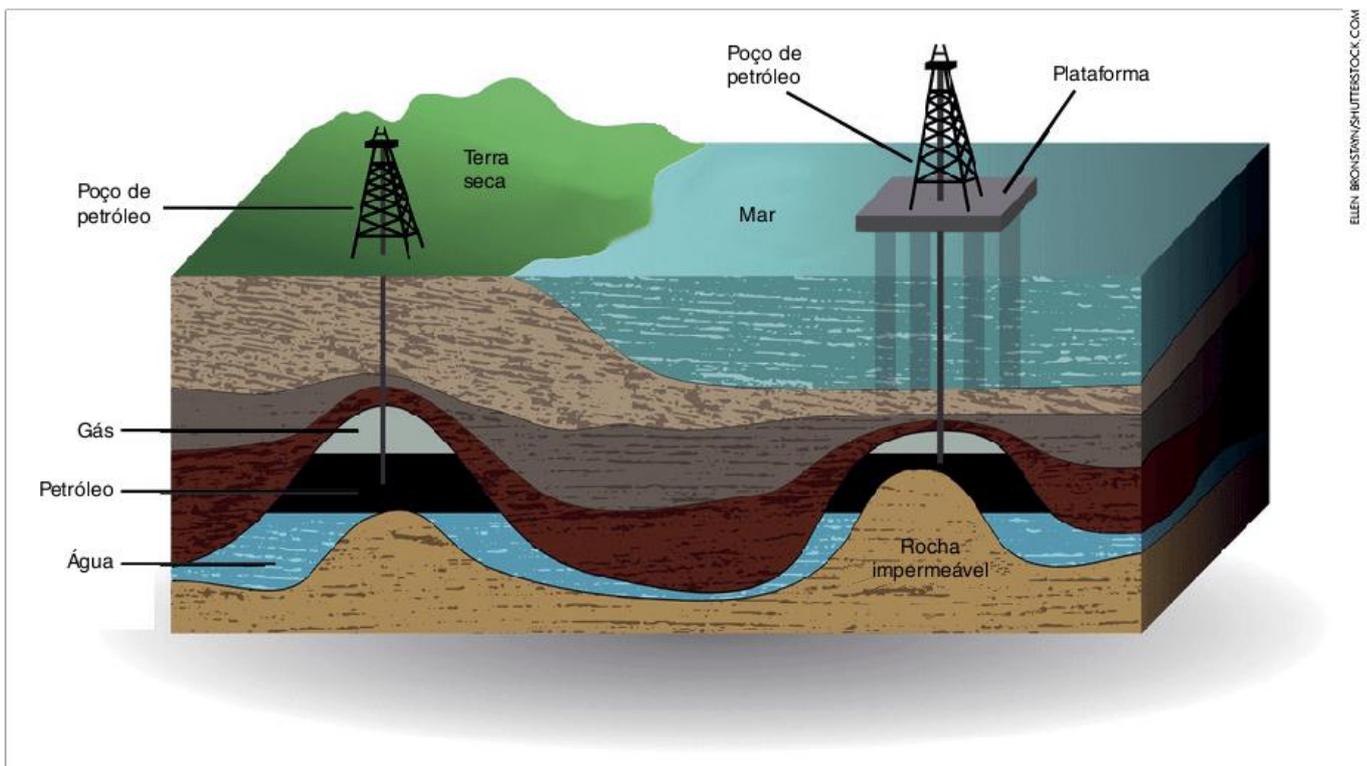
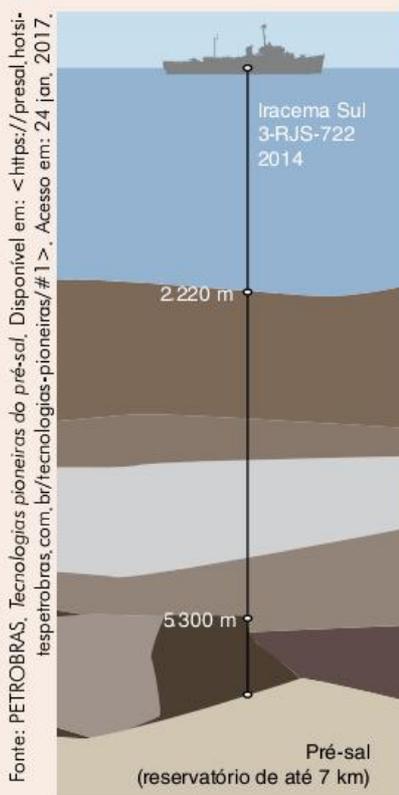


Fig. 2 Estrutura do poço de petróleo e extração.



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 58,2% 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.

"Pré-sal". Petrobras. Disponível em: <www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/pre-sal/>. Acesso em: 26 jan. 2018.

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, 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.

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.



Fig. 3 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 4 mostra algumas frações que são retiradas do petróleo e sua constituição.

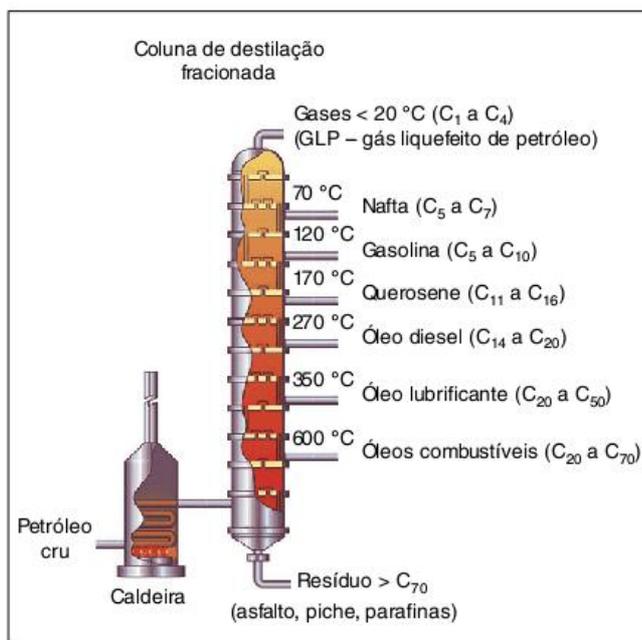


Fig. 4 Coluna de fracionamento do petróleo.

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.

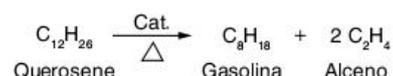


Fig. 5 Pirólise do querosene.

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.

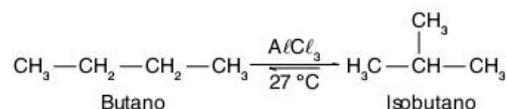


Fig. 6 Isomerização do butano.

Os alcanos ramificados são utilizados para aumentar a octanagem da gasolina.

• Reforma catalítica

A reforma catalítica tem como objetivo transformar alcanos em hidrocarbonetos aromáticos.

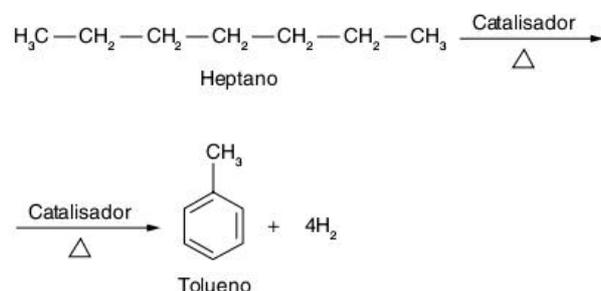


Fig. 7 Exemplo de aromatização de um alcano.

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 na Figura 8.



Fig. 8 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 libera 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 **isooctano (2,2,4-trimetilpentano)**.

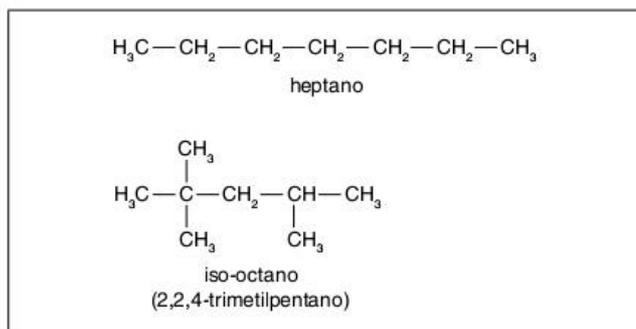


Fig. 9 Fórmula estrutural do heptano e do isooctano.

Ao heptano, devido à sua baixa resistência à compressão, foi atribuído, arbitrariamente, o valor **zero** de octanagem. Ao isooctano, 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 isooctano e 13% de heptano.

Note que o índice de octanagem não indica as quantidades de heptano e isooctano 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 etc. 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

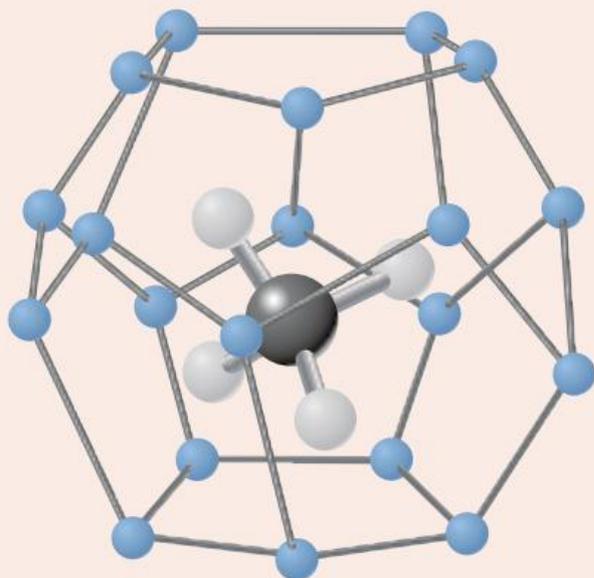
O gás natural é um combustível fóssil, encontrado em reservatórios profundos no subsolo, associado ou não a jazidas de petróleo.

É essencialmente composto por 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



Hidrato de metano. A molécula de metano é aprisionada em uma cavidade de moléculas de água congeladas (esferas cinza menores) mantidas juntas por ligações de hidrogênio.

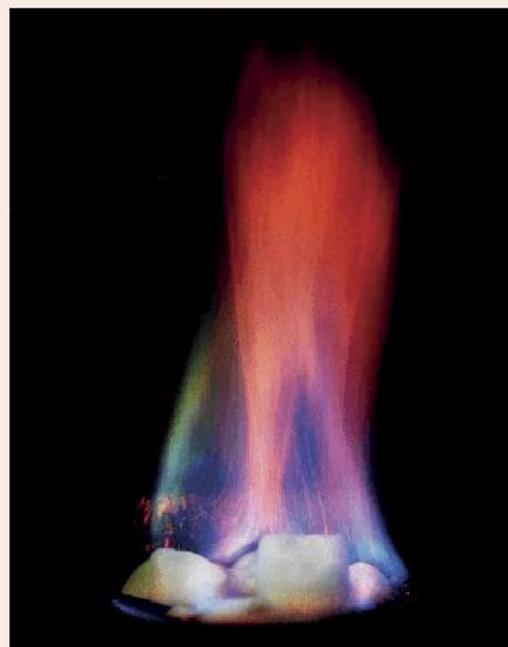
A reserva total de hidrato de metano nos oceanos é estimada em 10^{13} toneladas de conteúdo carbônico, cerca de duas vezes a quantidade de carbono existente nas reservas mundiais de carvão, petróleo e gás natural. Contudo, a exploração da energia armazenada no hidrato de metano é um tremendo desafio 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.

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.



CHANG, Raymond; GOLDSBY, Kenneth A. *Química*. 11. ed. Trad. M. Pinho. São Paulo: AMGH, 2013. p. 1040.

SCIENCE SOURCE/FOTOMENIA

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.



Fig. 10 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.



Fig. 11 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.

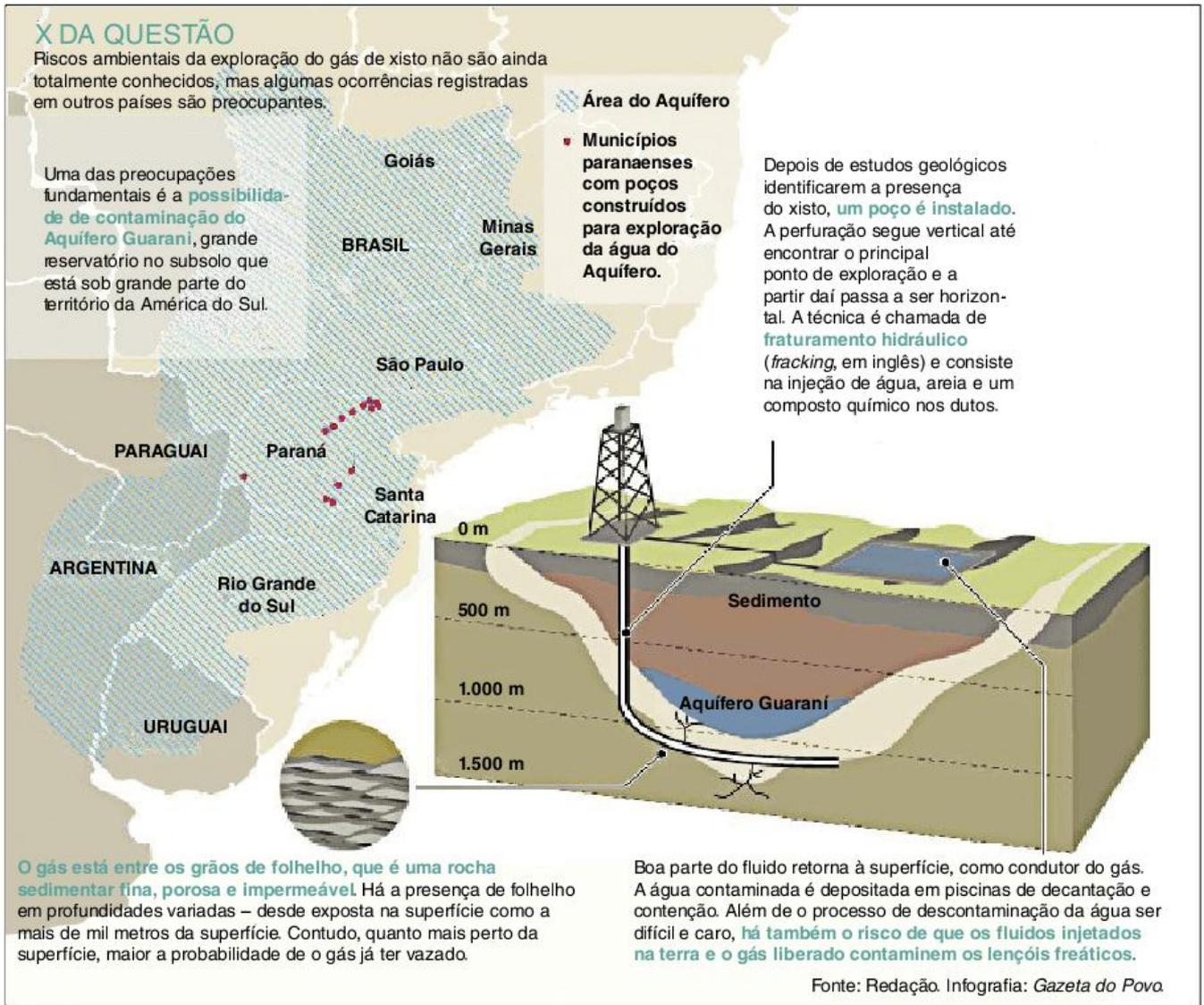


Fig. 12 Extração do gás de xisto.

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, restos de madeira etc.

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 através 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 ainda o segundo maior produtor mundial.

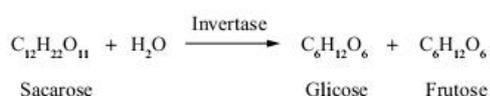


Fig. 13 Plantação de cana-de-açúcar.

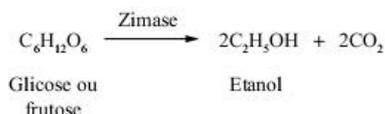
Após a colheita da cana madura, realiza-se um processo de limpeza para retirar as impurezas. No passo seguinte, a cana é picada e moída várias vezes, obtendo-se o caldo da cana ou **garapa**. O resíduo que sobra desse ciclo é denominado bagaço e tem várias utilidades.

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).

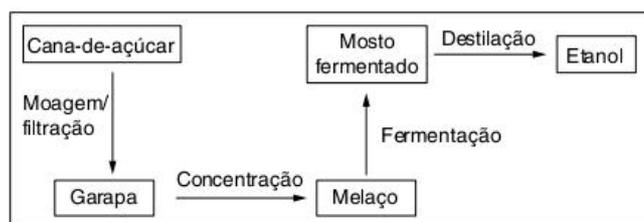


Fig. 14 Esquema geral de produção de etanol por fermentação.

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 CO_2 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 CO_2 da atmosfera.

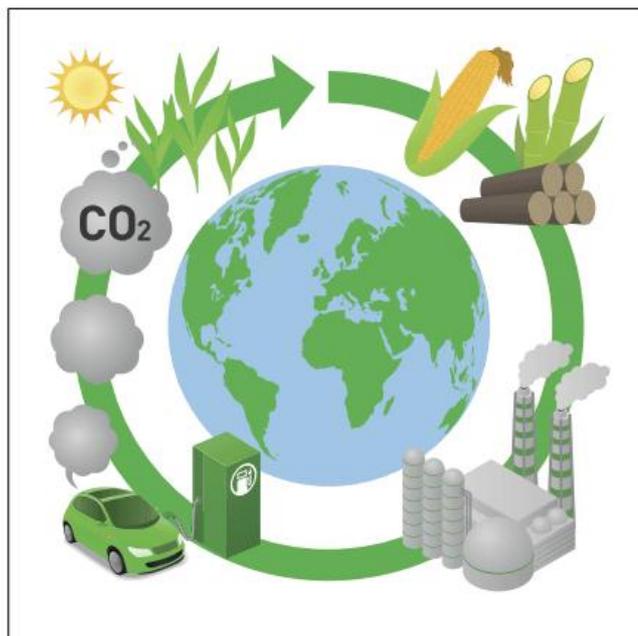


Fig. 15 Ciclo do CO_2 na produção e queima do etanol combustível.

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 CO_2 na atmosfera quando sofre combustão; ambos são produzidos a partir de óleos vegetais.

O biodiesel é obtido pela **transesterificação** de triglicérides presentes em óleos vegetais com um álcool (etanol ou metanol).

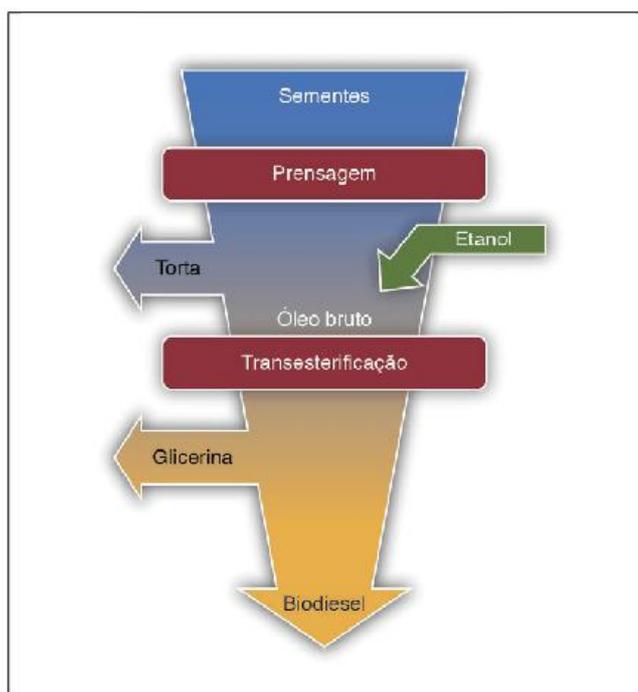


Fig. 16 Produção de biodiesel.

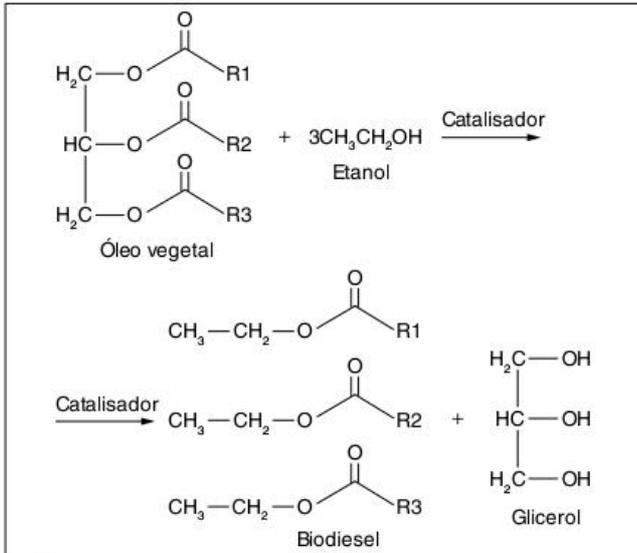


Fig. 17 Transesterificação do óleo vegetal com etanol.

No Brasil, a legislação atual prevê que, até março de 2019, o percentual de biodiesel adicionado ao diesel será de 10% (B10).

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 por 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 **biodigestor anaeróbico**.



Fig. 18 Produção e utilização do biogás.

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: 22 jan. 2018. (Adapt.)

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 Mackenzie Líquido escuro formado por imenso número de compostos, encontrado na crosta terrestre, em geral sobre depósitos subterrâneos de água salgada, o que sugere a sua origem marinha. Trata-se de:

- (a) calcário.
- (b) petróleo.
- (c) gasolina.
- (d) xisto betuminoso.
- (e) álcool.

2 UFSM 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 CPS Marcelo e seu irmão alugaram uma casa de praia e, chegando ao local, frustraram-se ao ver a areia e o mar cheios de manchas de petróleo.

Quando toneladas de petróleo são despejadas no oceano, geralmente por negligência humana, ondas de óleo aparecem nas praias, nas encostas pedregosas e nos portos, e vários animais são cobertos por uma fina e grudenta camada de óleo, sucumbindo a uma morte lenta e agonizante.

Essas grandes manchas negras, que se formam sobre a superfície dos oceanos, ocorrem porque o petróleo

- (a) forma precipitado com a água do mar.
- (b) tem menor densidade que a água do mar e é insolúvel nesse meio.
- (c) tem maior densidade que a água do mar e é solúvel nesse meio.
- (d) forma mistura homogênea com a água do mar.
- (e) reage com a água do mar formando uma substância negra.

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 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 Unirio Campos de Goytacazes, na região norte do estado do Rio de Janeiro, pode ser considerada a capital nacional do petróleo: a Bacia de Campos produz em média 900 mil barris/dia de petróleo cru.

A operação que permite isolar tanto a gasolina quanto o querosene do petróleo cru é a:

- (a) decantação.
- (b) destilação.
- (c) filtração.
- (d) catação.
- (e) extração com água.

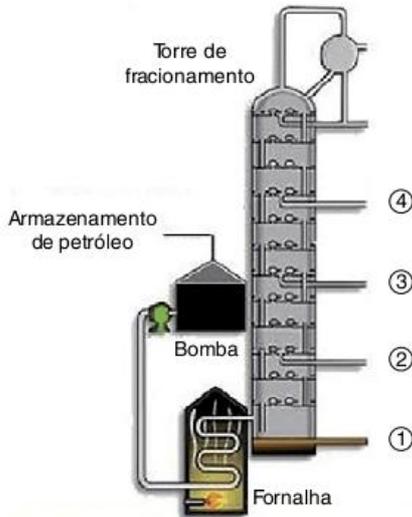
8 Puccamp "Gás natural, gás liquefeito, gasolina e querosene são algumas das frações resultantes da ...I... do petróleo. Pelo craqueamento de frações pesadas do petróleo obtém-se etileno utilizado em reações de ...II... para a obtenção de plásticos."

Completa-se corretamente a proposição quando I e II são substituídos, respectivamente, por:

- (a) decantação e polimerização.
- (b) filtração e combustão.
- (c) destilação fracionada e polimerização.
- (d) destilação fracionada e pirólise.
- (e) fusão fracionada e fotólise.

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.

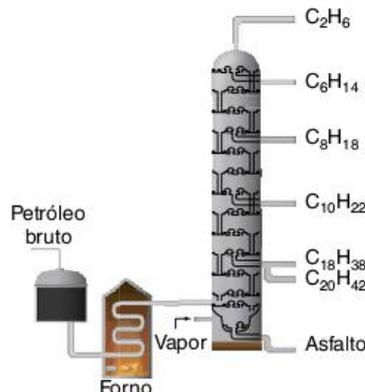


Fração	Número de átomos de carbono na molécula	Faixa da temperatura de ebulição (°C)
Gasolina	5 a 10	40 a 175
Querosene	11 a 12	175 a 235
Óleo combustível	13 a 17	235 a 305
Óleo lubrificante	Acima de 17	Acima de 305

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 1. (c) na Seção 3.
 (b) na Seção 2. (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 Unirio O petróleo, que só vinha trazendo más notícias para o Brasil por causa do aumento do preço internacional, deu alegrias na semana passada. O anúncio da descoberta de um campo na Bacia de Santos, na última terça-feira, teve efeito imediato nas bolsas de valores.
 Lucila Soares e Franco Iacomimi, *Veja*, 29 set. 1999.

O petróleo, na forma em que é extraído, não apresenta praticamente aplicação comercial, sendo necessária a sua separação em diferentes frações. A separação dessas frações é feita considerando o fato de que cada uma delas apresenta um ponto de ebulição diferente. Entre os compostos a seguir, a fração que apresenta o maior ponto de ebulição é o(a):

- (a) gás natural. (d) gasolina.
 (b) óleo diesel. (e) parafina.
 (c) querosene.

12 UEM 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 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 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 CPS 2012 O uso de combustíveis causa grande impacto ambiental nas grandes cidades, pois há a liberação de gases poluentes e de material particulado devido à combustão incompleta.

Considerando apenas a composição dos combustíveis que causam esse impacto, têm-se, em ordem crescente (menor para maior impacto ambiental):

- (a) etanol < gasolina < diesel. (d) etanol < diesel < gasolina.
- (b) diesel < gasolina < etanol. (e) gasolina < diesel < etanol.
- (c) gasolina < etanol < diesel.

17 CPS Santos Dumont adquiriu um dos primeiros carros que chegaram ao Brasil. O motor a combustão interna, que deixou Santos Dumont fascinado, utilizava o combustível de petróleo. Atualmente, há várias pesquisas que buscam novos combustíveis.

Leia as afirmações sobre combustão e combustíveis a seguir.

- I. Combustível é um material cuja queima produz diferentes formas de energia que pode se transformar em calor, movimento e eletricidade.
- II. A queima ou combustão é uma reação química, na qual o combustível reage com o oxigênio do ar.
- III. O álcool produzido da cana-de-açúcar e o biodiesel do óleo vegetal são considerados combustíveis renováveis.

Assinale a alternativa que contém todas as afirmações válidas.

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

18 Unesp A queima dos combustíveis fósseis (carvão e petróleo), assim como dos combustíveis renováveis (etanol, por exemplo), produz CO₂, 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?

- (a) O etanol é solúvel em água.
- (b) O CO₂ produzido na queima dos combustíveis fósseis é mais tóxico do que aquele produzido pela queima do etanol.
- (c) O CO₂ produzido na queima da gasolina contém mais isótopos de carbono-14 do que aquele produzido pela queima do etanol.
- (d) O CO₂ produzido na queima do etanol foi absorvido recentemente da atmosfera.
- (e) O carbono do etanol é proveniente das águas subterrâneas.

19 CPS Leia as informações a seguir sobre o biodiesel.

A primeira usina de biodiesel no país foi inaugurada no dia 24 de março de 2005. Estudos indicam que esse produto é um combustível de queima limpa, derivado de fontes naturais e renováveis como, por exemplo, óleos vegetais, gordura animal ou resíduo de

óleo usado em frituras, que pode substituir parcial ou totalmente o diesel do petróleo.

As distribuidoras de combustíveis serão autorizadas a incluir, voluntariamente, até 2% de biodiesel ao diesel comum, sem comprometer a garantia nem exigir alteração nos motores dos veículos ou nos postos.

A vantagem desse biocombustível é a possibilidade de reduzir em até 78% a emissão de dióxido de carbono e 98% de enxofre na atmosfera.

Disponível em: <www.ambientebrasil.com.br>. (Adapt.).

Considerando o exposto, pode-se concluir que o biodiesel:

- (a) é mais eficiente que o óleo diesel de petróleo ou de origem fóssil.
- (b) é uma alternativa que auxilia a solução de problemas relacionados à poluição ambiental aproveitando um resíduo que pode contaminar o solo e a água.
- (c) é considerado renovável porque reduz as emissões de poluentes na atmosfera.
- (d) reduzirá em 78% a chuva ácida provocada pela emissão de dióxido de enxofre na atmosfera.
- (e) adicionado aos combustíveis de origem fóssil ou derivado de petróleo, na concentração de 2%, torna-se compulsório a partir de 24 de março de 2005.

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

- (a) 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.
- (b) 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.
- (c) o metanol produzido a partir da nafta é um álcool, e sua queima não implica aumento de dióxido de carbono na atmosfera.
- (d) o etanol derivado da cana-de-açúcar é um biocombustível, e por esse motivo sua queima não causa emissões de dióxido de carbono.
- (e) 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.

TEXTO COMPLEMENTAR

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. Para atender a demanda de carvão até 2020 seria necessário um reflorestamento de 1,5 a 2 milhões de hectares.

“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:

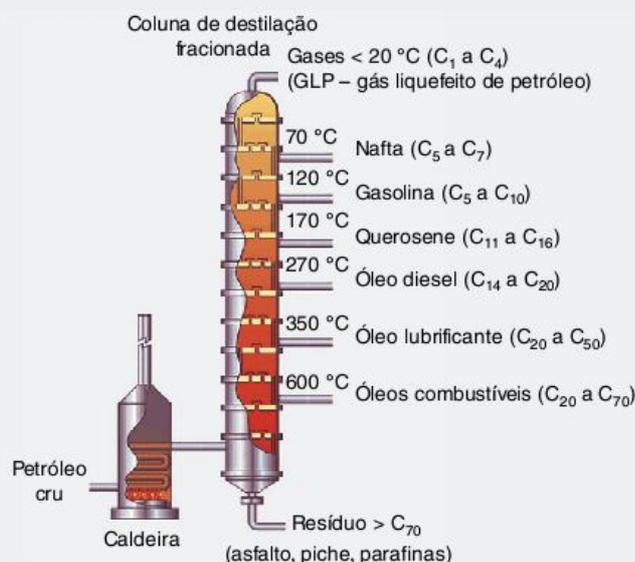
- **Parafínico:** quando existe predominância de alcanos.
- **Naftênico:** quando existe predominância de ciclanos.
- **Aromático:** quando existe predominância de hidrocarbonetos aromáticos.

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 através 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 isoctano (2,2,4-trimetilpentano).

Ao heptano, devido à sua baixa resistência à compressão, foi atribuído, arbitrariamente, o valor **zero** de octanagem. Ao isoctano, 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 isoctano 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 por 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 através 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 por: 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.

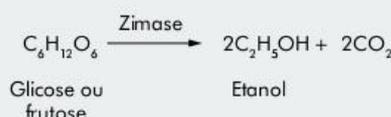
Óleo verde ou antracênico: antraceno, fanatreno.

- **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.

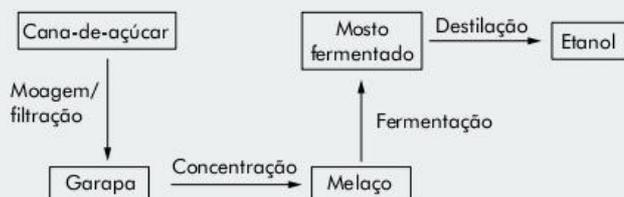
Xisto ou folhelho betuminoso: é uma rocha sedimentar rica em material orgânico. Quando submetido ao aquecimento, obtém-se dessa rocha um óleo semelhante ao petróleo (**óleo de xisto**), que, depois de destilado, produz gasolina, óleo diesel, óleo combustível, nafta, gás combustível etc.

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 através da fermentação de carboidratos.

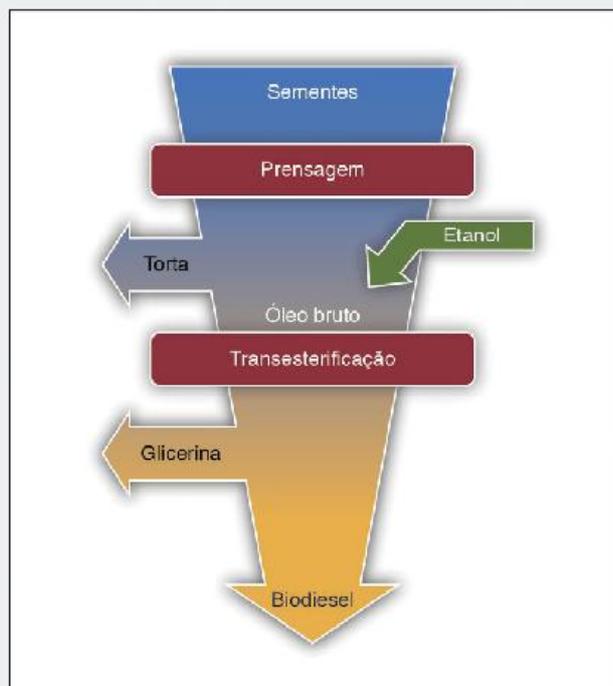


No Brasil é obtido a partir da fermentação da sacarose da cana-de-açúcar



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 triglicérides 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 através da ação de determinadas espécies de bactérias. Trata-se de uma mistura gasosa composta principalmente por 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.

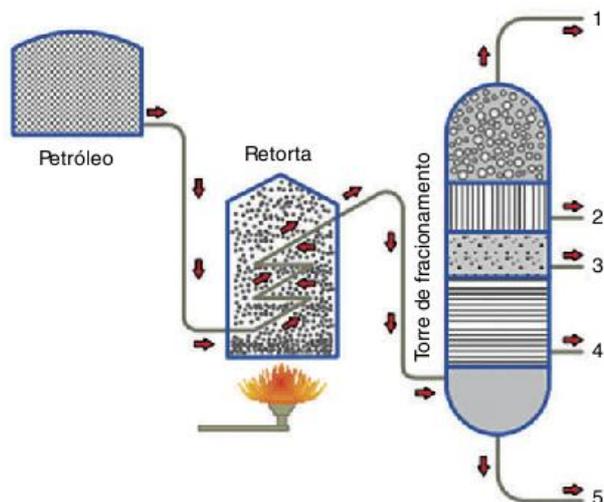
■ QUER SABER MAIS?



- Petróleo e gás natural
 - <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/petroleo-e-derivados2>>
 - <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=petroleo-gas-natural-nao-fosseis&id=010115090803#.Wksok1WnHIU>>
- Xisto
 - <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias/unidade-de-industrializacao-do-xisto-six.htm>>
- Combustível renovável
 - Biodiesel
 - <<https://www.biodieselbr.com/destaques/2005/combustivel-renovavel.htm>>
 - <<http://rvq.sbg.org.br/imagebank/pdf/v9n1a20.pdf>>
 - Etanol
 - <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/121716/1/Paginasdepolagr0320062p.6478.pdf>>

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.)

- 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.
- 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 ($^{\circ}C$)	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	Diesel 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 UPE 2011 Sobre os combustíveis usados como fontes de energia disponíveis atualmente, identifique, entre as proposições a seguir, a verdadeira.

- As reservas de petróleo conhecidas atualmente no mundo encontram-se distribuídas igualmente e na mesma quantidade por todos os continentes.
- O biodiesel é um combustível biodegradável, embora, atualmente, não seja muito utilizado, pois sua combustão gera impactos ambientais mais acentuados que o carvão e o óleo diesel.
- Utiliza-se o craqueamento catalítico nas refinarias de petróleo, quando se pretende incrementar a produção de óleo diesel a partir da gasolina comum ou do querosene.
- A importância do petróleo não é baseada apenas na sua utilização como fonte de energia, mas também por ser uma fonte de matéria-prima utilizada pela indústria petroquímica para a fabricação de novos materiais.
- Os impactos ambientais produzidos pelos combustíveis não dependem de sua origem, composição, impurezas presentes nem de serem de fontes renováveis ou não; dependem apenas de os motores dos automóveis estarem ou não bem regulados.

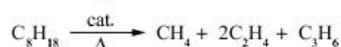
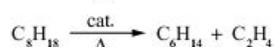
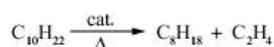
4 Unicamp 2017 “Pode arredondar?” Esta é uma pergunta que frentistas de postos de combustíveis fazem durante o abastecimento, quando o travamento automático da bomba é acionado. O fabricante do veículo faz a recomendação de não arredondar, pensando na preservação do veículo, mas o dono do posto pede 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:

- 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.
- 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.
- 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.
- 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 CPS O petróleo é o recurso natural a partir do qual se obtêm

- (a) plásticos, como o polietileno.
- (b) combustíveis, como o biodiesel.
- (c) gorduras, como a margarina.
- (d) ligas metálicas, como o aço.
- (e) desinfetantes, como a água sanitária.

6 Mackenzie O *cracking* ou craqueamento do petróleo consiste na quebra de moléculas de cadeia longa, obtendo-se moléculas menores, que são utilizadas como matéria-prima para a produção de substâncias indispensáveis no nosso dia a dia. As equações a seguir representam reações de *cracking*.



O produto comum nas três equações, que é matéria-prima na obtenção de polietileno usado na manufatura de sacos plásticos, é o:

- (a) metano.
- (b) octano.
- (c) etano.
- (d) propeno.
- (e) eteno.

7 UEM-PAS 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 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 (CH₄), podendo apresentar outros componentes, como o etano (C₂H₆) e o propano (C₃H₈).
- 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 SO₂ 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 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.brasilecola.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,

- (a) carvão mineral, gasolina e gás natural.
- (b) carvão mineral, gás natural e gasolina.
- (c) gás natural, etanol e gasolina.
- (d) gás natural, gasolina e etanol.
- (e) gás natural, carvão mineral e etanol.

10 Fuvest 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 fomeseno, 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 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:

- 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.
- Os gases oferecem risco de explosão porque reagem vigorosamente com agentes oxidantes fortes.
- O gás metano é facilmente detectado pelo odor característico.
- Os gases que oferecem risco de explosão apresentam alta densidade, formando lençóis nos compartimentos de subsolo, como garagens subterrâneas.

Assinale a alternativa **correta**.

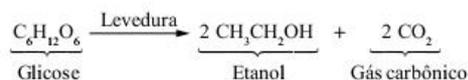
- Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 2, 3 e 4 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 1 e 4 são verdadeiras.
- As afirmativas 1, 2, 3 e 4 são verdadeiras.

13 UFPA 2011 A digestão anaeróbica é um processo eficiente para tratamento de resíduos agroindustriais e de parte do lixo doméstico. Nesse processo, ocorre a formação do biogás (metano), que vem sendo utilizado em usinas termoeletricas para produzir energia elétrica. Essa forma de geração de energia é uma das saídas para o aproveitamento desses resíduos, e já vem sendo empregada em algumas cidades do Brasil.

A respeito do biogás, é **correto** afirmar:

- O metano é o poluente causador da chuva ácida.
- O metano é um poluente e contribui para agravar o aquecimento global.
- A combustão do metano contribui para o aumento do buraco na camada de ozônio.
- A combustão completa do metano forma fuligem (carbono).
- A combustão incompleta do metano produz dióxido de carbono e água.

14 IFSC 2017 O etanol é um composto químico com aplicações diversas e com grande importância para a matriz energética global. Sua principal forma de obtenção é através da fermentação alcoólica da glicose na presença de leveduras, conforme representado na equação química a seguir:



Com base nessas informações e nos seus conhecimentos sobre o assunto, analise as afirmações a seguir e assinale a soma da(s) proposição(ões) **correta(s)**.

Dados: C = 12, H = 1, O = 16.

- Na molécula do etanol, o número de oxidação do carbono ligado à hidroxila é -2.
- Na presença de agente oxidante e em meio reacional adequado, o etanol pode ser oxidado a ácido acético.

- 04 Considerando uma reação com 100% de rendimento, a fermentação de 90 kg de glicose produz 46 kg de etanol.
- 08 O gás carbônico é um óxido anfótero e, por isso, é muito utilizado na indústria de bebidas.
- 16 O etanol pode ser considerado um biocombustível, desde que seja obtido a partir de fontes renováveis como a cana-de-açúcar.
- 32 A molécula do etanol obtida a partir da biomassa é ligeiramente diferente da molécula de etanol obtida a partir de fontes fósseis.

Soma =

15 UEM 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 2ª aplicação 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 UEMG 2016 Se Itaipu fosse uma hidrelétrica a óleo, o Brasil teria que queimar 434 mil barris de petróleo por dia para obter o mesmo resultado. O volume de terra e rocha removido é equivalente a duas vezes o Pão de Açúcar. A altura da barragem principal equivale a um edifício de 65 andares. [...] calculei que por ali devia

escoar uma catarata. O guia corrigiu a minha besteira: “não uma, mas quarenta cataratas do Iguaçu”.

VENTURA, 2012, p. 121.

Inúmeras são as fontes de energia disponíveis no nosso planeta, sendo que essas fontes se dividem em dois tipos, as fontes renováveis e as não renováveis. As fontes de energia renováveis são aquelas em que sua utilização e uso podem ser mantidos e aproveitados ao longo do tempo sem possibilidade de esgotamento. As fontes de energia renováveis onde atualmente existe um maior desenvolvimento estão exemplificadas na tabela a seguir:

Fonte de energia	Produção
Biomassa	Utiliza matéria de origem vegetal para produzir energia.
Solar	Utiliza os raios solares para gerar energia.
Eólica	Utiliza a força dos ventos captada por aerogeradores.
Etanol	Utiliza subprodutos de origem vegetal e substitui a gasolina como combustível.

De acordo com a tabela e com seus conhecimentos a respeito de combustíveis e energia, está **correto** o que se afirma em:

- (a) Apesar de existir em abundância no Brasil, e ser economicamente viável, a energia solar ainda é pouco explorada por razões políticas.
- (b) Em regiões cercadas por montanhas e de muita terra, a melhor alternativa energética dentre as destacadas seria a eólica.
- (c) Por ser obtida a partir de bagaço de cana-de-açúcar, álcool, madeira, palha de arroz, óleos vegetais, dentre outros, a biomassa poderia ser uma alternativa economicamente viável em regiões de terra fértil.
- (d) Sabe-se que a fonte do etanol é renovável, podendo ser extraído da cana-de-açúcar e também da beterraba, mas, em termos de emissão de CO₂ / mol de combustível, é tão poluente quanto a gasolina.

18 UFU 2012 Leia o trecho da canção “Movido a água” (1986), de Itamar Assumpção.

*Existe o carro movido a gasolina
Existe o carro movido a óleo diesel
Existe o carro movido a álcool
Existe o carro movido a eletricidade
Existe o carro movido a gás de cozinha
Eu descobri o carro movido a água
Quase eu grito eureka Eurico
Aí saquei que a água ia ficar uma nota
E os açudes iam tudo secar
Os rios não desaguariam mais no mar
Nem o mar mais virar sertão
Nem o sertão mais vira mar
Banho nem de sol
Chamei o anjo e devolvi a descoberta para o infinito
Aleguei ser um invento inviável*

Só realizável por obra e graça do santo espírito
 Agora eu tô bolando um carro movido a bagulhos
 Dejetos, restos, detritos, fezes, três vezes estrume
 Um carro de luxo movido a lixo.

A análise da letra da música de Assumpção, a partir de conhecimentos de Química, mostra que

- os combustíveis apresentados no verso são hidrocarbonetos.
- o consumo de água iria diminuir caso esta substância pudesse ser utilizada nos automóveis como combustível.
- é necessário encontrarmos alternativas para substituição da gasolina, tendo em vista o impacto de sua queima para o ambiente.
- a matéria orgânica presente no lixo poderia gerar metano, um gás combustível produzido a partir do álcool.

19 USCS 2015 A produção do etanol a partir da cana-de-açúcar pode ser esquematizada pela seqüência:



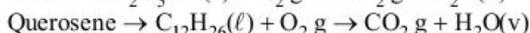
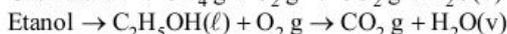
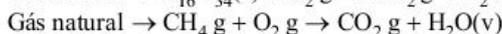
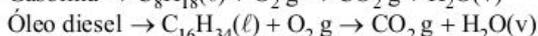
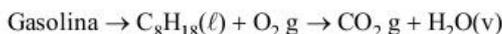
O processo se inicia com a trituração da cana, seguido pela moagem para a obtenção do melado, que é separado do bagaço pela técnica de separação 1. Em seguida, adiciona-se ao caldo obtido o fermento, formado por leveduras do gênero *Saccharomyces*, que se alimentam da sacarose e produzem etanol e gás carbônico. Após a fermentação, o produto passa pela técnica de separação 2 para a obtenção do etanol com 96% de pureza.

- Cite os nomes das técnicas de separação 1 e 2.
- A tabela apresenta o poder calorífico do bagaço de cana seco e do etanol:

Material	Poder calorífico (kJ · kg ⁻¹)
Bagaço de cana seco	4.400
Etanol	6.900

Considerando a massa molar do etanol igual a 46 g · mol⁻¹, determine a massa de bagaço, em gramas, que deve ser queimada para produzir a mesma quantidade de calor obtida na combustão de 1 mol de etanol.

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 CO₂, que é um dos principais gases causadores do efeito estufa. Os principais combustíveis utilizados na indústria automobilística são a gasolina (C₈H₈), o óleo diesel (C₁₆H₃₄, predominantemente) e o gás natural (CH₄), que são de origem fóssil, e o etanol (C₂H₅OH), que tem como uma das suas fontes a cana-de-açúcar. O querosene (origem fóssil, predominantemente C₁₂H₂₆) é utilizado como combustível em aeronaves. A seguir, estão as reações de combustão desses combustíveis. Observe-as.

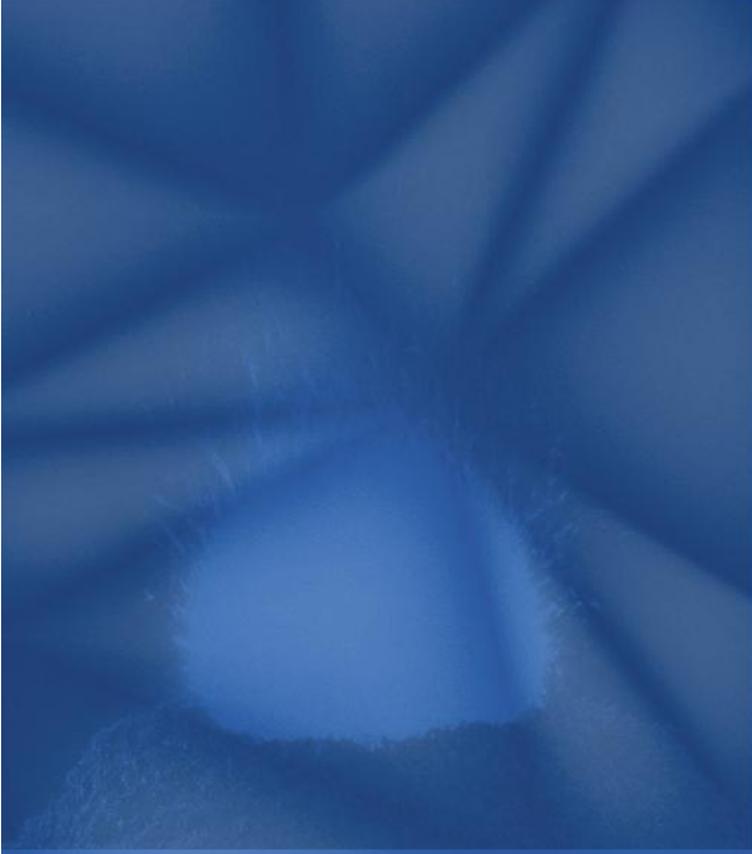


Considerando uma massa de 1 kg de cada combustível, assinale a alternativa que apresenta qual, dentre esses, é o **maior** contribuinte para o efeito estufa.

Dados: massas molares: C = 12 g/mol, H = 1 g/mol, O = 16 g/mol.

- Gasolina.
- Óleo diesel.
- Gás natural.
- Etanol.
- Querosene.

Frente 2



9

FRENTE 2

Radioatividade



**A TERRÍVEL DESTRUIÇÃO DE HIROSHIMA,
CONSEQUÊNCIA DO MAU USO DA
ENERGIA NUCLEAR.**

REPRODUÇÃO

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 isto 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 Juliot 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 deve-se ao cientista Seaborg, que fez transmutações nucleares com o auxílio de gigantesco 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.

E estes fenômenos são motivados pelo quê?

Essa já não é uma resposta simples, mas vamos a ela. Imagine um átomo que obedece ao modelo de Rutherford, mas que só tenha elétrons e prótons, como mostrado a seguir.

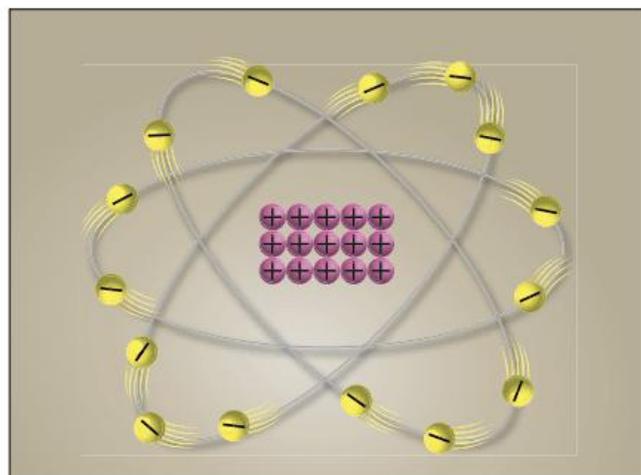


Fig. 1 Átomo de Rutherford composto somente de prótons e elétrons.

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 importantíssimo que fique bem claro 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 na figura 2.

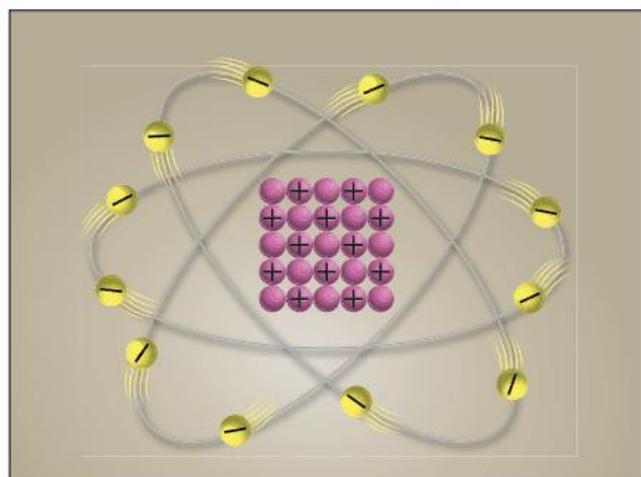


Fig. 2 Átomo de Rutherford, levando em consideração a existência de nêutrons.

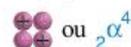
Note que os nêutrons se intercalam entre prótons, diminuindo sensivelmente as forças de repulsão eletrostática entre eles, e conseqüentemente aumentando a estabilidade dos núcleos. É essa a grande função dos nêutrons: dar estabilidade ao núcleo. Sendo assim, a relação entre número de nêutrons e número 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 localizada 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. Muitas destas não serão mencionadas neste livro, porque os vestibulares não as cobram em suas questões. Analisaremos apenas as emissões principais, descobertas nos primórdios do estudo de radioatividade. Vamos estudá-las por meio de uma experiência clássica, esquematizada na figura 3.

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 de 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 3 só pode ser realizada a baixas pressões, já que o poder de penetração das partículas α no ar atmosférico é tão baixo que elas 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 de emissões γ e, como ondas, são desprovidas de carga e massa. Podendo ser representadas por:

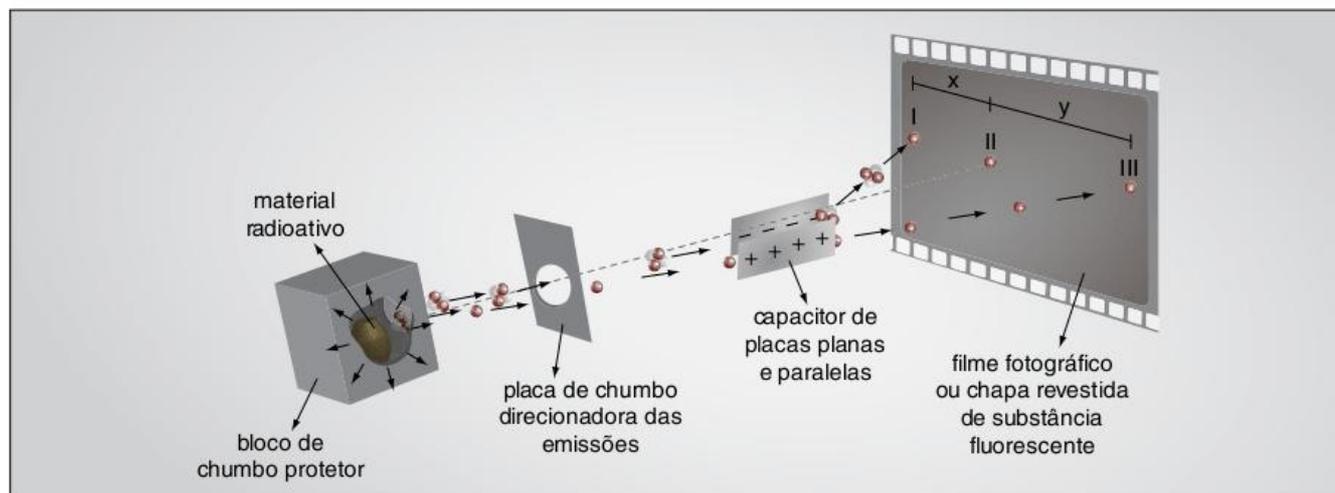
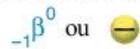


Fig. 3 Experiência que mostra as três principais emissões radioativas (α , β e γ).

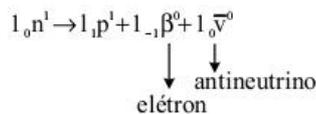
Como ondas eletromagnéticas (as emissões γ) têm uma velocidade de propagação igual à da luz (300.000 km/s), são, portanto, as emissões mais rápidas. Além disso, têm um poder de penetração altíssimo por serem desprovidas de massa, e só são freadas por placas grossas de chumbo ou paredes de concreto muito grossas.

As emissões que impressionaram a chapa em (III) sofreram o maior desvio dentre 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 (${}^1_0n^1$) de um núcleo instável transforma-se em um próton (${}^1_1p^1$), 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 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 1.

Mas qual dessas emissões radioativas é a mais nociva para o ser humano? Na realidade, todas as emissões radioativas são nocivas, já que, por onde passam, ionizam átomos e moléculas de forma violenta. É justamente essa ionização brutal que pode gerar anomalias genéticas irreversíveis como o crescimento anormal do número de células, provocando o câncer. 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, passando por náuseas, enjoos e vômitos, e, em casos mais graves, levando crianças em estágio fetal ao retardamento mental ou síndromes genéticas, além de causar câncer de cérebro e leucemia, podendo levar até mesmo 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*. Nunca fale 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-Fajjans-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	-	-

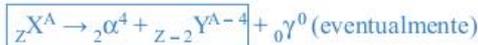
Tab. 1 Comparativo das principais emissões radioativas.

Primeira Lei ou Lei de Soddy (emissões α)

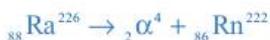
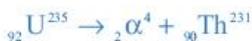
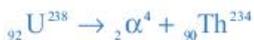
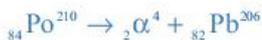
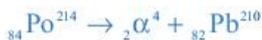
O enunciado desta lei é:

Quando um radionuclídeo emite uma partícula α , seu número atômico cai de 2 unidades e seu número de massa de 4.

Este enunciado vai ao encontro dos dois princípios fundamentais mencionados anteriormente. Veja a seguinte equação, que traduz a lei:



Primeiramente, 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 iremos 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-Fajjans-Russel (emissões β)

O enunciado desta lei é:

Quando um radionuclídeo emite uma partícula β , seu número atômico aumenta de uma unidade e seu número de massa permanece inalterado, sendo radionuclídeo o nome dado a um núcleo emissor de radiação.

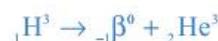
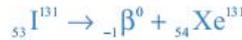
Note que, novamente, os princípios mencionados anteriormente não foram desobedecidos. Veja a equação de reação que retrata esta lei:



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, através da equação:



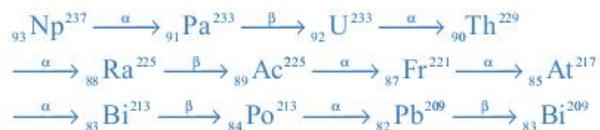
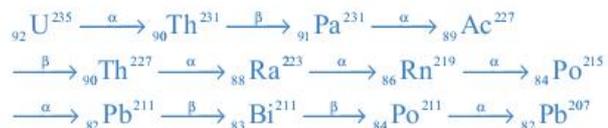
Observe que, para essa transformação, o equilíbrio de cargas e de números de massa também foi mantido. Assim, vamos à análise de exemplos mais concretos:



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:



Primeiramente, é necessário que você note o equilíbrio em todas as emissões. Ainda, é importante que você perceba 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 tornar-se-á 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 ${}_{82} \text{Pb}^{206}$, ${}_{82} \text{Pb}^{207}$, ${}_{82} \text{Pb}^{208}$, ${}_{83} \text{Bi}^{209}$.

Isto é:

Famílias radioativas são grupos de núclídeos que, por uma série de emissões sucessivas, formam o mesmo núclídeo estável.

Transmutações nucleares

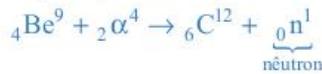
Transmutações nucleares são reações nucleares provocadas por bombardeamento de partículas aos núclídeos.

As primeiras transmutações foram feitas em 1914 por Ernest Rutherford. Nelas, átomos de nitrogênio eram bombardeados por partículas α . Veja:

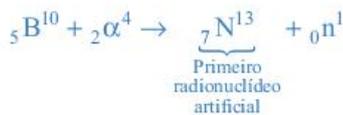


Foi também através das transmutações nucleares que se destacaram cientistas como Chadwick, em 1932, com a descoberta do nêutron; o casal Curie, em 1934, filha e genro de Pierre e Marie Curie, com a primeira transmutação produzindo radionuclídeo artificial; e Seaborg, entre 1950 e 1951, que sintetizou dez novos elementos químicos transurânicos, um salto tecnológico dos mais grandiosos já experimentados pela humanidade.

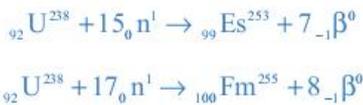
No caso de Chadwick, a descoberta do nêutron deveu-se à seguinte transmutação representada por:



Para o casal Curie, a glória veio através 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.

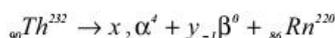
Agora, vamos à resolução de dois exercícios clássicos.

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 α emitidas e y é o número de partículas β .



Pelo equilíbrio de cargas, temos:

$$90 = 2x + (-1)y + 86 \Rightarrow 2x - y = 4 \quad (I)$$

Pelo equilíbrio de números de massa, temos:

$$232 = 4x + 0y + 220 \Rightarrow x = 3 \quad (II)$$

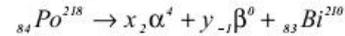
De (II) em (I), temos: $2 \cdot 3 - y = 4 \Rightarrow y = 2$

Portanto, são emitidas três partículas α e duas partículas β .

2 Idem ao anterior, mas para a transformação ${}_{84}\text{Po}^{218}$ em ${}_{83}\text{Bi}^{210}$.

Resolução:

Procedendo da mesma forma, temos:



Pelo equilíbrio de cargas, temos:

$$84 = 2x + (-1)y + 83 \Rightarrow 2x - y = 1 \quad (I)$$

Pelo equilíbrio de números de massa, temos:

$$218 = 4x + 0y + 210 \Rightarrow x = 2 \quad (II)$$

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 10 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:

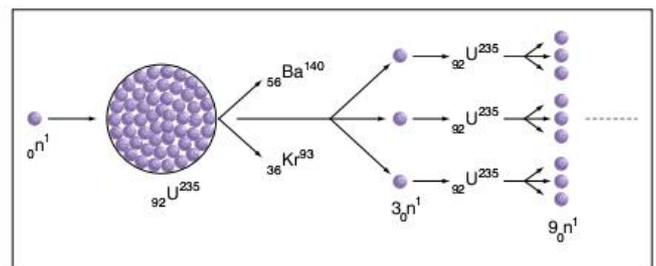
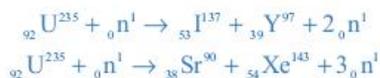


Fig. 4 Reação em cadeia da fissão nuclear do urânio enriquecido.

Note como esta reação de fissão nuclear é perigosa e 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 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?

Vêja o esquema simplificado adiante.

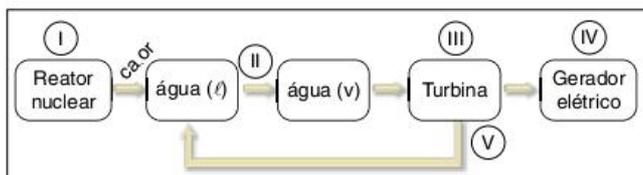


Fig. 5 Esquema simplificado do funcionamento de uma usina nuclear.

- I. Dentro do reator nuclear ocorre a reação de fissão do urânio enriquecido (${}_{92}^{235}\text{U}$), 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-d'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 este processo, que é cíclico para a água.

No Brasil, a energia nuclear representa apenas 2,6% da energia produzida, mas, na 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 que sobra dentro do reator, que é altamente radioativo e, portanto, danoso. 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 galões devem ser suficientemente resistentes para permanecerem fechados por mais de 100 anos.



Fig. 6 Usina nuclear de Chernobyl (ao fundo).

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.

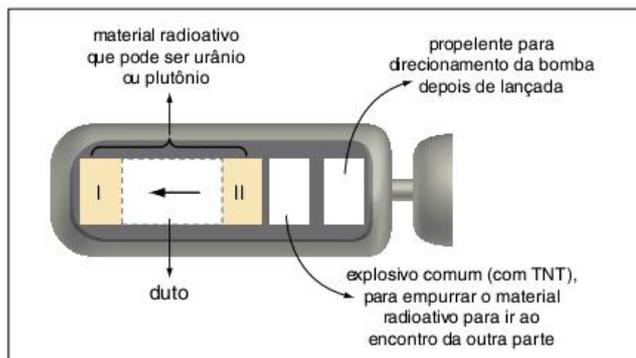


Fig. 7 Esquema simplificado de uma bomba atômica.

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 esta 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 tome-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; este número, porém, dobrou ao contarmos os dias seguintes às explosões.

Os efeitos de uma explosão nuclear são inúmeros. No momento da explosão, a temperatura pode chegar a 3.200 °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.

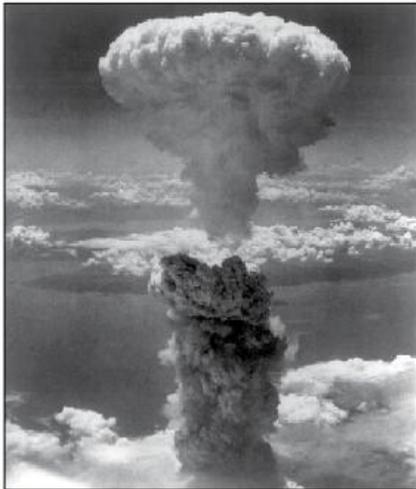


Fig. 8 Foto do cogumelo atômico.



Fig. 9 Fotos aéreas de Nagasaki, antes e depois da bomba.

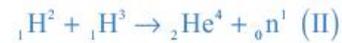
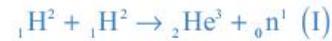
Fusão nuclear

Fusão nuclear é a união efetiva de dois núcleos menores em um núcleo maior, com grande liberação de energia.

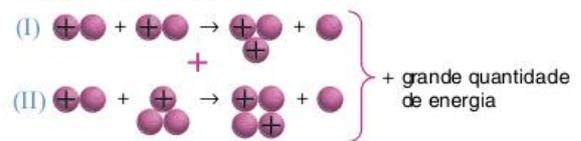
É através deste processo nuclear que as estrelas emitem energia e pelo qual ocorrem as explosões das poderosíssimas bombas de hidrogênio. Os processos de fusão nuclear liberam muito mais energia que os processos de fissão. Como a energia liberada é

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 isto 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 desta reação.

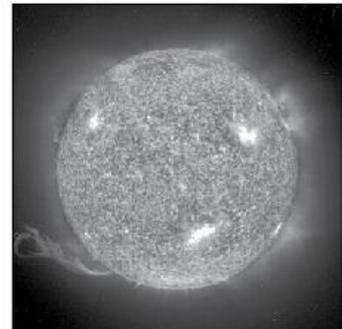
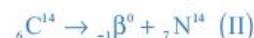


Fig. 10 O Sol e as suas reações de fusão nuclear.

Porém, esta não é a única consequência em nosso planeta das reações de fusão que ocorrem no Sol. Os nêutrons liberados nestas reações chegam ao nosso planeta através dos raios cósmicos e, em consequência, temos a seguinte transmutação nuclear:



Esta 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, através 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, através da fotossíntese, aos vegetais e, conseqüentemente, a todos os seres vivos, então cada indivíduo, enquanto 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, esta proporção vai se reduzindo à metade, sucessivamente. Com isso, poderemos saber, através 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 esta 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 desta bomba, é preciso que uma bomba atômica seja inserida dentro de uma bomba H para poder detoná-la, como uma energia de ativação.

Gnética 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 sequência de reduções de radionuclídeos, onde m_0 é a massa inicial de átomos radioativos (ver figura 11).

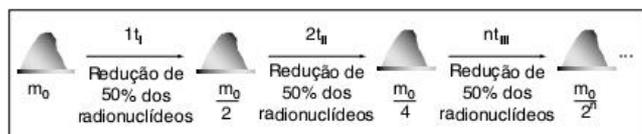


Fig. 11 Modelo para visualização do período de meia-vida ($t_{1/2}$).

Como as reações são de primeira ordem em relação aos átomos radioativos, $t_I = t_{II} = t_{III}$, estes 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.

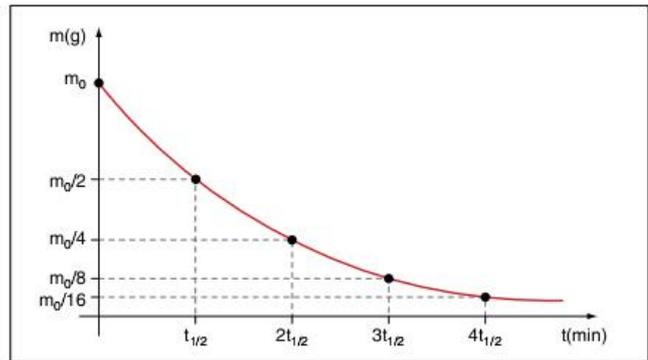


Fig. 12 Massa restante de radionuclídeos após emissões radioativas ao longo do tempo.

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 irão restar, 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:

$$m = \frac{m_0}{2^n} \rightarrow m = \frac{2}{2^3} \rightarrow m = \frac{1}{4} \rightarrow \boxed{m = 0,25 \text{ g}}$$

4 A meia-vida do cézio-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 cézio-137, após quanto tempo a relação massa de cézio/massa de bário fica igual a $\frac{1}{7}$?

Resolução:

Este é um problema elaborado. A massa de cézio que restará será representada por m . Como Cs se transforma em Ba por emissão de partícula beta, a massa de cézio 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 cézio que sofre desintegração radioativa.

Mas $m = \frac{m_0}{2^n}$ (I), e o problema quer $\frac{m_{Cs}}{m_{Ba}} = \frac{1}{7}$.

Portanto: $\frac{m}{m_0 - m} = \frac{1}{7} \rightarrow 7m = m_0 - m \rightarrow m_0 = 8m$

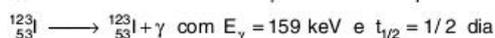
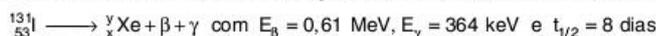
Substituindo em I, temos:

$$m = \frac{8m}{2^n} \Rightarrow n = 3$$

Como $t_{1/2} = 30$ anos $\rightarrow t = 3 \cdot 30$ anos $\rightarrow t = 90$ anos.

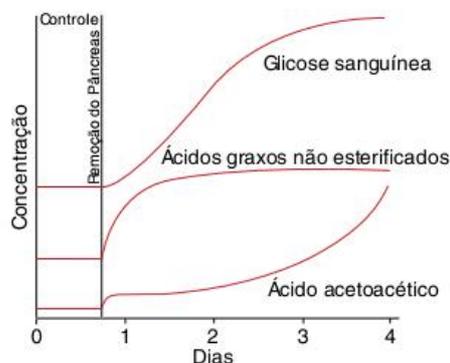
Revisando

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 (${}_{-1}^0\text{e}$), 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 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.

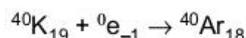


Fonte: Guyton. *Fisiologia Médica*. Ed. Guanabara Koogan.

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 extraídos da tabela periódica, números atômicos (Z): Nobélio (No) = 102; Laurêncio (Lr) = 103; Rutherfordório (Rf) = 104; Dúbnio (Db) = 105; Seabórgio (Sg) = 106; Bóhrrio (Bh) = 107; Hássio (Hs) = 108 e Metinério (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.

Texto para a questão 6.

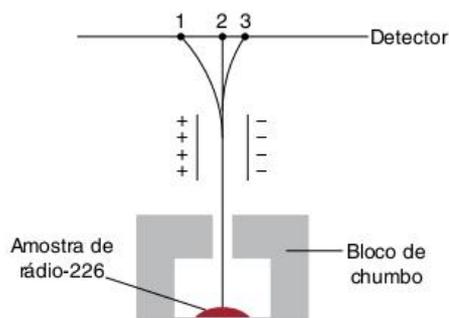
O lixo atômico

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.

- Observando a figura, relacione as radiações α (alfa), β (beta) e γ (gama) aos percursos 1, 2, e 3. Justifique sua resposta.
- Quanto tempo será necessário para que uma amostra de iodo-131 tenha sua atividade radioativa reduzida à quarta parte?
- 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.
- 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

Destruidas 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.

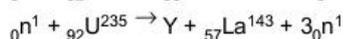
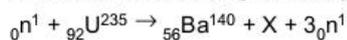
Hiroshima, Japão. Passear pelas ruas de Hiroshima hoje – 60 anos depois da tragédia que matou 140 mil pessoas e deixou cicatrizes eternas em outros 60 mil, numa população de 400 mil – é nunca esquecer o passado. Apesar de rica e moderna com seus 1,1 milhão de habitantes circulando em bem cuidadas ruas 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 termoeletricas, 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 (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 ${}_1\text{H}^3/{}_1\text{H}^1 = 1,0 \cdot 10^{-17}$ 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 2011 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.

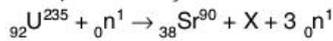
Exercícios propostos

Radioatividade – Conceitos básicos

1 Fatec Há exatos 100 anos, Ernest Rutherford descobriu que havia dois tipos de radiação, que chamou de α e β . Com relação a essas partículas podemos afirmar que:

- as partículas β são constituídas por dois prótons e dois nêutrons.
- as partículas α são constituídas por dois prótons e dois elétrons.
- as partículas β são elétrons emitidos pelo núcleo de um átomo instável.
- as partículas α são constituídas apenas por dois prótons.
- as partículas β são constituídas por dois elétrons, dois prótons e dois nêutrons.

2 Cesgranrio Assinale a alternativa que indica o isótopo do elemento X que completa a reação de fissão nuclear:

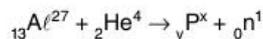


- ${}_{53}\text{I}^{145}$
- ${}_{53}\text{I}^{143}$
- ${}_{51}\text{Sb}^{145}$
- ${}_{54}\text{Xe}^{144}$
- ${}_{54}\text{Xe}^{143}$

3 Cesgranrio A desintegração de um elemento radioativo ocorre segundo a sequência $\text{X} \rightarrow \text{Y} \rightarrow \text{V} \rightarrow \text{W}$, pela emissão de partículas beta, beta e alfa, respectivamente. Podemos, então, afirmar que são isótopos:

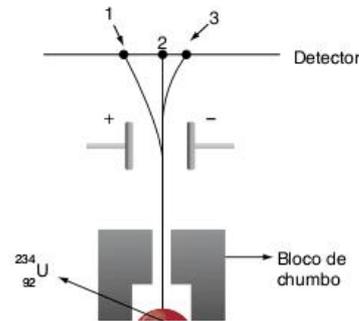
- V e W
- Y e W
- Y e V
- X e W
- X e Y

4 Vunesp O alumínio pode ser transformado em fósforo pelo bombardeamento com núcleos de hélio, de acordo com a equação:



- Determine os valores de x e y.
- 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.

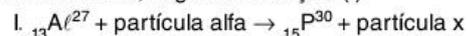


- Qual o tipo de radiação que atinge o detector no ponto 3? Justifique.
- Representando por X o novo núcleo formado, escreva a equação balanceada da reação nuclear responsável pela radiação detectada no ponto 3.

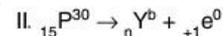
6 Vunesp Escrever as equações das reações nucleares:

- 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.

7 Vunesp O primeiro isótopo radioativo artificialmente produzido foi o ${}_{15}\text{P}^{30}$, através do bombardeio de lâminas de alumínio por partículas alfa, segundo a reação (I).



O isótopo formado, ${}_{15}\text{P}^{30}$, por sua vez, emite um pósitron, segundo a reação (II).

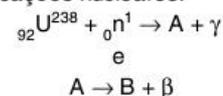


Balancear as equações (I) e (II), identificando a partícula x e fornecendo os números atômico e de massa do elemento Y formado.

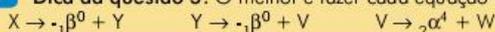
8 Cesgranrio Um átomo de ${}_{92}\text{U}^{238}$ emite uma partícula alfa, transformando-se num elemento X que, por sua vez, emite uma partícula beta, dando o elemento Y, com número atômico e número de massa, respectivamente, iguais a:

- 92 e 234
- 91 e 234
- 90 e 234
- 90 e 238
- 89 e 238

9 Cesgranrio Na obtenção de um dado elemento transurânico, por meio das reações nucleares:



>> **Dica da questão 3:** O melhor é fazer cada equação mostrada separadamente e de forma consecutiva, como mostrado a seguir:



podemos afirmar que o isótopo B desse elemento transurânico possui número atômico e número de massa, respectivamente, iguais a:

- (a) 93 e 239
- (b) 94 e 240
- (c) 95 e 241
- (d) 96 e 245
- (e) 97 e 248

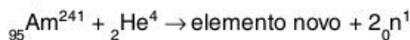
10 Cesgranrio Analise os itens a seguir que fornecem informações a respeito das radiações nucleares.

- I. As radiações gama são ondas eletromagnéticas de elevado poder de penetração.
- II. O número atômico de um radionuclídeo que emite radiações alfa aumenta em duas unidades.
- III. As radiações beta são idênticas aos elétrons e possuem carga elétrica negativa.
- IV. O número de massa de um radionuclídeo que emite radiações beta não se altera.
- V. As radiações gama possuem carga nuclear +2 e número de massa 4.

Estão corretas as afirmativas:

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

11 FEI Um dos isótopos do amerício ${}_{95}\text{Am}^{241}$, quando bombardeado com partículas α (${}_2\text{He}^4$), forma um elemento novo e dois nêutrons ${}_0\text{n}^1$, como indicado pela equação:



Os números atômico e de massa do novo elemento serão respectivamente:

- (a) 95 e 245
- (b) 96 e 244
- (c) 96 e 243
- (d) 97 e 243
- (e) 97 e 245

12 UFRRJ Na série radioativa natural, que começa no ${}_{92}\text{U}^{238}$ e termina no ${}_{82}\text{Pb}^{206}$, estável, são emitidas partículas alfa (α) e beta (β). As quantidades de partículas emitidas na série são:

- (a) 6α e 6β .
- (b) 8α e 6β .
- (c) 8α e 8β .
- (d) 9α e 8β .
- (e) 9α e 9β .

13 UFSCar Uma das aplicações nobres da energia nuclear é a síntese de radioisótopos que são aplicados na medicina, no diagnóstico e tratamento de doenças. O Brasil é um país que se destaca na pesquisa e fabricação de radioisótopos. O fósforo-32 é utilizado na medicina nuclear para tratamento de

problemas vasculares. No decaimento deste radioisótopo, é formado enxofre-32, ocorrendo emissão de:

- (a) partículas alfa.
- (b) partículas beta.
- (c) raios gama.
- (d) nêutrons.
- (e) raios X.

14 UFF Marie Curie nasceu em Varsóvia, capital da Polônia, em 1867, com o nome de Maria Sklodowska. Em 1891, mudou-se para a França e, quatro anos depois, casou-se com o químico Pierre Curie. Estimulada pela descoberta dos raios X, feita por Roentgen, e das radiações do urânio por Becquerel, Marie Curie iniciou trabalhos de pesquisa que a levariam a identificar três diferentes tipos de emissões radiativas, mais tarde chamadas de alfa, beta e gama. Foi ela também que criou o termo radiatividade. Recebeu o Prêmio Nobel de Física, em 1906, e, em 1911, o Prêmio Nobel de Química. No final da vida, dedicou-se a supervisionar o Instituto do Rádio para estudos e trabalhos com radiatividade, sediado em Paris. Faleceu em 1934 devido à leucemia, adquirida pela excessiva exposição à radiatividade. Assinale, dentre as opções a seguir, aquela que apresenta os símbolos das emissões radiativas por ela descobertas:

- (a) ${}_{-1}\alpha^0$; ${}_2\beta^4$; ${}_0\gamma^0$
- (b) ${}_2\alpha^4$; ${}_0\beta^0$; ${}_{-1}\gamma^0$
- (c) ${}_2\alpha^4$; ${}_{-1}\beta^0$; ${}_0\gamma^0$
- (d) ${}_2\alpha^4$; ${}_{-1}\beta^0$; ${}_{-1}\gamma^0$
- (e) ${}_{-1}\alpha^0$; ${}_{-1}\beta^0$; ${}_0\gamma^0$

15 UFMG Em um acidente ocorrido em Goiânia, em 1987, o céσιο-137 (${}_{55}\text{Cs}^{137}$, 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, 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) ${}_{56}^{137}\text{Ba}$.
- (b) ${}_{54}^{136}\text{Xe}$
- (c) ${}_{55}^{136}\text{Cs}$
- (d) ${}_{57}^{138}\text{La}$

16 FGV Os radiofármacos são utilizados em quantidades 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 ${}^{99\text{x}}\text{Tc}$ ($x = \text{metaestável}$) 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.
- (b) gama, Mo e 57.
- (c) beta, Rh e 54.
- (d) alfa, Ru e 53.
- (e) alfa, Rh e 54.

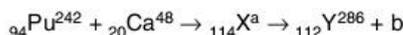
17 Unifesp O flúor-18 é um radioisótopo produzido num acelerador ciclotron. Associado à deoxiglicose, esse radioisótopo revela, pela emissão de pósitrons, as áreas do organismo com metabolismo intenso de glicose, como o cérebro, o coração e os tumores ainda em estágio muito inicial. Quando um átomo de flúor-18 emite um pósitron, o átomo resultante será um isótopo do elemento químico:

- (a) cloro.
- (b) flúor.
- (c) neônio.
- (d) oxigênio.
- (e) nitrogênio.

18 Unesp Cientistas russos conseguem isolar o elemento 114 superpesado.

Folha Online – 31.05.2006.

Segundo o texto, foi possível obter o elemento 114 quando um átomo de plutônio-242 colidiu com um átomo de cálcio-48, a 1/10 da velocidade da luz. Em cerca de 0,5 segundo, o elemento formado transforma-se no elemento de número atômico 112 que, por ter propriedades semelhantes às do ouro, forma amálgama com mercúrio. O provável processo que ocorre é representado pelas equações nucleares:



Com base nestas equações, pode-se dizer que a e b são, respectivamente:

- (a) 290 e partícula beta.
- (b) 290 e partícula alfa.
- (c) 242 e partícula beta.
- (d) 242 e nêutron.
- (e) 242 e pósitron.

19 ITA 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)
- (b) 14 (IV A)
- (c) 15 (V A)
- (d) 16 (VI A)
- (e) 17 (VII A)

Radioatividade – Fenômenos e aplicações

20 Fuvest Na reação de fusão nuclear representada por ${}_1\text{H}^2 + {}_1\text{H}^3 \rightarrow \text{E} + n$, ocorre a liberação de um nêutron (n). A espécie E deve ter:

- (a) 2 prótons e 2 nêutrons.
- (b) 2 prótons e 3 nêutrons.
- (c) 2 prótons e 5 nêutrons.
- (d) 2 prótons e 3 elétrons.
- (e) 4 prótons e 3 elétrons.

21 UFSM 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:

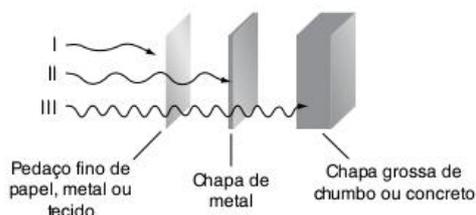
- (a) 1; 2; 3; 2
- (b) 2; 1; 2; 3
- (c) 1; 3; 1; 2
- (d) 3; 2; 3; 1
- (e) 3; 1; 2; 1

22 UFU 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.

- (a) 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.
- (b) Raios α (alfa) são formados por um fluxo de alta energia de núcleos de hélio, combinações de dois prótons e dois nêutrons.
- (c) 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).
- (d) 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.
- (e) 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 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 Fuvest Considere os seguintes materiais:

- I. artefato de bronze (confeccionado pela civilização inca).
- II. mangueira centenária (que ainda produz frutos nas ruas de Belém do Pará).
- III. corpo humano mumificado (encontrado em tumbas do Egito Antigo).

O processo de datação, por carbono-14, é adequado para estimar a idade apenas:

- (a) do material I.
- (b) do material II.
- (c) do material III.
- (d) dos materiais I e II.
- (e) dos materiais II e III.

25 UFRRJ

Plano B para a energia (por W. Wayt Gibbs)

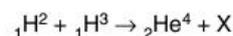
Para manter este mundo tolerável à vida, a humanidade deve completar uma maratona de mudanças tecnológicas cuja linha de chegada está bem além do horizonte. Ainda que os planos de redução das emissões de gás carbônico funcionem, mais cedo ou mais tarde, o mundo vai precisar de um plano B: uma ou mais tecnologias fundamentalmente novas que, juntas, consigam fornecer 10 a 30 terawatts sem expelir uma tonelada sequer de dióxido de carbono.

Os reatores à fusão – que produzem energia nuclear juntando átomos, em vez de dividi-los – estão no topo de quase todas as listas de tecnologias energéticas definitivas para a humanidade. O reator não produziria gases de estufa e geraria quantidades relativamente baixas de resíduos radioativos de baixo nível. “Mesmo que a usina fosse arrasada [por acidente ou atentado], o nível de radiação a 1 km de

distância seria tão pequeno que tornaria desnecessária a evacuação”, diz Farokh Najmabadi, especialista em fusão que dirige o Centro de Pesquisa de Energia da Universidade da Califórnia em San Diego.

Extraída de American Scientific Brasil, Edição n.º 53 – outubro de 2006.

A reação de fusão dos isótopos do hidrogênio pode ser representada por:



Onde X é:

- (a) ${}_{-1}\beta^0$
- (b) ${}_2\alpha^4$
- (c) ${}_1p^1$
- (d) ${}_0n^1$
- (e) ${}_{+1}e^0$

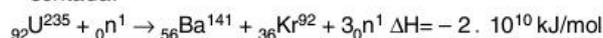
26 UFSC Desde os primórdios, a humanidade vem produzindo energia através da queima de combustíveis. Inicialmente, a energia liberada pela vegetação existente era suficiente. O aumento pela demanda por energia, mesmo antes da Revolução Industrial, levou a humanidade a buscar a energia armazenada nos combustíveis 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 CO₂ 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^0 (KJ/mol)
Carbono(grafite)	12	-393,5
${}_{92}\text{U}_{(s)}^{235}$	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 CO₂ 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:



>> **Dica da questão 24:** A datação por ¹⁴C só é válida para o que já nasceu e já morreu.

- 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 UEPG 2011 O elemento químico urânio, cujo processo de enriquecimento é, atualmente, um assunto com repercussões na política mundial, ocorre na natureza em forma de duas variedades isotópicas. Para cada 1.000 átomos de urânio, 993 átomos são do isótopo U_{92}^{238} e apenas 7 átomos são do isótopo U_{92}^{235} que é mais reativo. Sobre o urânio e seu comportamento atômico, assinale o que for correto.

- 01 O U_{92}^{235} é empregado em usinas nucleares como material, que, ao sofrer fissão, libera grande quantidade de energia.
- 02 Quanto maior o grau de enriquecimento do urânio maior a concentração do isótopo U_{92}^{235} .
- 04 A reação nuclear do urânio é desencadeada por nêutrons, onde cada átomo de U_{92}^{235} dá origem a dois outros com núcleos menores.
- 08 Se a reação de fissão do U_{92}^{235} for representada por $U_{92}^{235} + n_0^1 \rightarrow I_{53}^{137} + Y + 2n_0^1$, então o elemento Y tem número atômico 39.
- 16 O urânio-238 também pode sofrer fissão, mas esse processo só ocorre em presença de nêutrons de elevada energia cinética.

Soma =

28 Fuvest 2011 A seguinte declaração foi divulgada no jornal eletrônico *Folha.com – Mundo*, em 29/05/2010:

A vontade do Irã de enriquecer urânio a 20% em seu território nunca esteve sobre a mesa de negociações do acordo assinado por Brasil e Turquia com Teerã, afirmou nesta sexta-feira o ministro das Relações Exteriores brasileiro Celso Amorim.

Enriquecer urânio a 20%, como mencionado nessa notícia, significa:

Note e adote: As porcentagens aproximadas dos isótopos ^{238}U e ^{235}U existentes em uma amostra de urânio natural são, respectivamente, 99,3% e 0,7%.

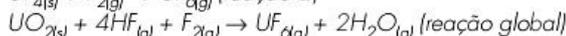
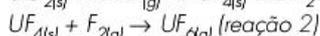
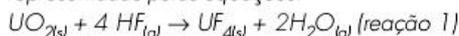
- (a) aumentar, em 20%, as reservas conhecidas de urânio de um território.
- (b) aumentar, para 20%, a quantidade de átomos de urânio contidos em uma amostra de minério.
- (c) aumentar, para 20%, a quantidade de ^{238}U presente em uma amostra de urânio.
- (d) aumentar, para 20%, a quantidade de ^{235}U presente em uma amostra de urânio.

- (e) diminuir, para 20%, a quantidade de ^{238}U presente em uma amostra de urânio.

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, ${}_{92}^{235}\text{U}$. O urânio natural apresenta uma distribuição isotópica de aproximadamente 0,72% de ^{235}U e 99,27% de ^{238}U . Para sua utilização em reatores, o urânio deve ser enriquecido até atingir um teor de 3 a 4% em ^{235}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 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:

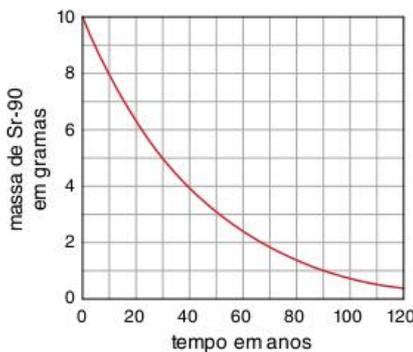
- (a) I, apenas.
- (b) II, apenas.
- (c) III, apenas.
- (d) II e III, apenas.
- (e) I, II e III.

30 UFSCar 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

Gnética das emissões radioativas

31 Fuvest 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

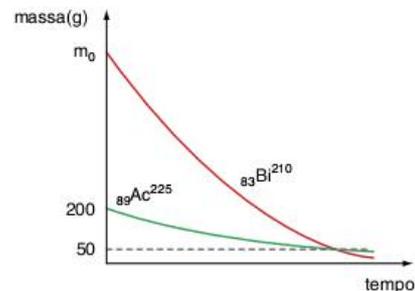
32 FGV Fissão nuclear e fusão nuclear:

- (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 Fuvest Mediu-se a radioatividade de uma amostra arqueológica de madeira, verificando-se que o nível de sua radioatividade devido ao carbono-14 era 1/16 do apresentado por uma amostra de madeira recente. Sabendo-se que a meia-vida do isótopo ^{14}C é de $5,73 \cdot 10^3$ anos, a idade, em anos, dessa amostra é:

- (a) $3,58 \cdot 10^2$
- (b) $1,43 \cdot 10^3$
- (c) $5,73 \cdot 10^3$
- (d) $2,29 \cdot 10^4$
- (e) $9,17 \cdot 10^4$

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 Puccamp O gás carbônico da atmosfera apresenta uma quantidade pequena de ^{14}C e que permanece constante; na assimilação do carbono pelos seres vivos a relação $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ é mantida. Contudo, após cessar a vida, o ^{14}C começa a diminuir enquanto o ^{12}C permanece inalterado, o que possibilita o cálculo da data em que isso ocorreu. Considere que numa peça arqueológica encontrou-se a relação $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ igual à metade do seu valor na atmosfera. A idade aproximada dessa amostra, em anos, é igual a:

Dado: Meia-vida do $^{14}\text{C} = 5.570$ anos.

- (a) 2.785
- (b) 5.570
- (c) 8.365
- (d) 1.1140
- (e) 1.3925

Dica da questão 31: O período de meia-vida pode ser lido no gráfico. É o tempo para que a massa passe de 10 g para 5 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. $4\text{H}^1 \rightarrow \text{He}^4 + 2\text{ }^0_{-1}\beta + \text{ }^0_0\gamma$
 II. $^{235}_{92}\text{U} + \text{ }^1_0\text{n} \rightarrow \text{Ba}^{140} + \text{Kr}^{94} + 2\text{ }^1_0\text{n}$
 III. $^{27}_{13}\text{Al} + \text{ }^4_2\alpha \rightarrow \text{P}^{30} + \text{ }^1_0\text{n}$
 IV. $^{232}_{90}\text{Th} \rightarrow \text{Ra}^{228} + \text{ }^4_2\alpha$

2ª Coluna – nome do fenômeno

- a) transmutação artificial
 b) desintegração radiativa espontânea
 c) fusão nuclear
 d) fissão nuclear

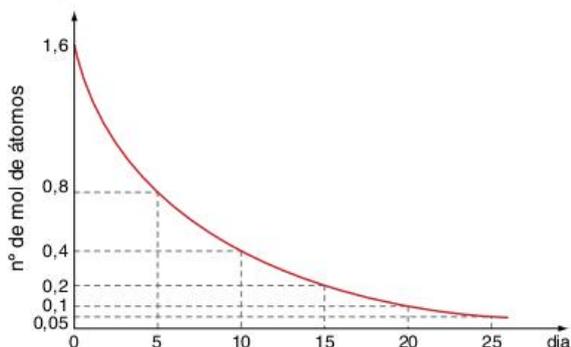
Assinale a opção em que todas as correspondências estejam corretas.

- (a) Ic – IId – IIIa – IVb
 (b) Ia – IIc – IIIb – IVd
 (c) Ib – IIa – IIId – IVc
 (d) Id – IIb – IIId – IVa

37 Uerj Glenn T. Seaborg é um renomado cientista que foi agraciado com o Prêmio Nobel de Química de 1951 por seus trabalhos em radioquímica. Em 1974, foi sintetizado, nos Estados Unidos, o elemento de número atômico 106, que, em sua homenagem, teve como nome proposto Seaborgium ($_{106}\text{Sg}$), ainda não homologado.

- a) O bombardeio do $^{249}_{98}\text{Cf}$ por um elemento X produz $^{263}_{106}\text{Sg}$ e 4 nêutrons. Determine o número atômico e o número de massa do elemento X.
 b) Sabendo que um determinado isótopo do $_{106}\text{Sg}$ perde 50% de sua massa inicial em 10 segundos, calcule a massa final de uma amostra de 800 gramas deste isótopo após 30 segundos.

38 Uerj Considere o gráfico da desintegração radioativa de um isótopo.



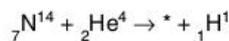
Para que a fração de átomos não desintegrados seja 12,5% da amostra inicial, o número necessário de dias é:

- (a) 10 (c) 20
 (b) 15 (d) 25

39 FEI 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:

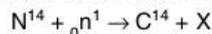
- o núcleo * tem dezessete nêutrons.
 o átomo neutro do elemento * tem oito elétrons.
 o núcleo ^1_1H é formado de um próton e um nêutron.
 o número atômico do elemento * é 8.
 o número de massa do elemento * é 17.

41 UFRJ O físico brasileiro Cesar Lattes desenvolveu importantes pesquisas com emulsões nucleares contendo átomos de boro (^10_5B) bombardeados por nêutrons.

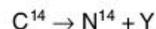
Quando um nêutron, em grande velocidade, atinge o núcleo de um átomo de ^10_5B , e é por ele absorvido, dá origem a dois átomos de um certo elemento químico e a um átomo de trítio (^3_1H).

- 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.

- a) Identifique as partículas X e Y.
 b) Calcule a meia-vida do carbono-14.

Dica da questão 36: Transmutação artificial é a reação nuclear provocada pelo bombardeamento de partículas aos núcleos.

43 Puccamp 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}Sr , formam o chamado “lixo nuclear” desses experimentos. Quantos anos são necessários para que uma amostra de ^{90}Sr , lançada no ar, se reduza a 25% da massa inicial?

Dado: Meia-vida do $^{90}\text{Sr} = 28,5$ anos.

- (a) 28,5
- (b) 57,0
- (c) 85,5
- (d) 99,7
- (e) 114

44 UEL Por meio de estudos pormenorizados realizados por bioantropólogos mexicanos, constatou-se que as feições do fóssil humano mais antigo já encontrado no México eram muito parecidas com aborígenes australianos. O fóssil em questão, com 12 mil anos, é o crânio conhecido como Mulher de Penón. A determinação da idade de um fóssil é baseada no decaimento radioativo do isótopo carbono-14, cujo tempo de meia-vida é de aproximadamente 6.000 anos.

A percentagem de carbono-14 encontrada atualmente no fóssil em relação àquela contida no momento da morte é aproximadamente igual a:

- (a) 25%
- (b) 37%
- (c) 50%
- (d) 75%
- (e) 90%

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?

- (a) 5 horas
- (b) 25 horas
- (c) 15 horas
- (d) 30 horas
- (e) 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?

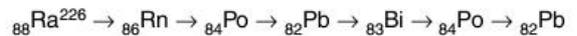
- (a) 12 horas.
- (b) 18 horas.
- (c) 24 horas.
- (d) 30 horas.
- (e) 36 horas.

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:

- (a) $4,2 \cdot 10^{18}$
- (b) $2,6 \cdot 10^{18}$
- (c) $4,3 \cdot 10^{17}$
- (d) $2,7 \cdot 10^{17}$

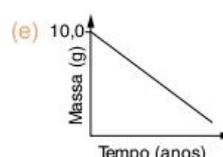
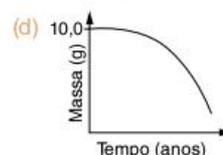
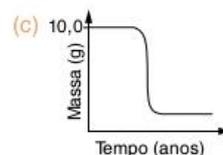
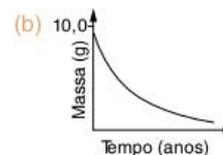
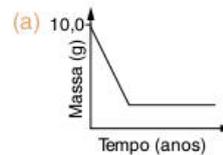
48 UFRJ Para determinar a constante de Avogadro, Rutherford observou a seguinte série radioativa:



A partir desta série, responda:

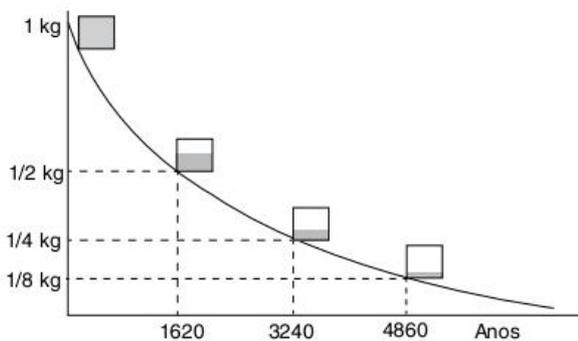
- a) Qual será a relação entre o número de partículas α e o de partículas β emitidas na série radioativa anterior? Justifique.
- b) Sabendo que a meia-vida do polônio-218 é de 3,1 minutos, calcule o tempo que uma amostra leva para desintegrar 87,5% de sua massa.

49 ITA 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 Enem (Não aplicado) O lixo radioativo ou nuclear é resultado da manipulação de materiais radioativos, utilizados hoje na agricultura, na indústria, na medicina, em pesquisas científicas, na produção de energia etc. Embora a radioatividade se reduza com o tempo, o processo de decaimento radioativo de alguns materiais pode levar milhões de anos.

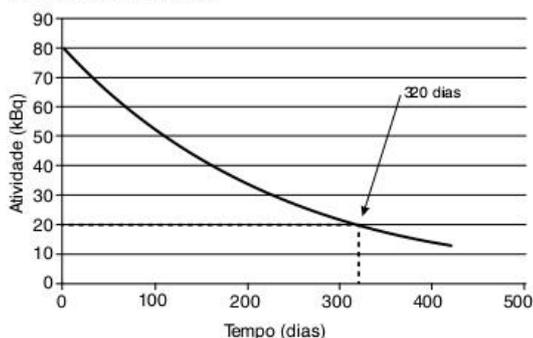
Por isso, existe a necessidade de se fazer um descarte adequado e controlado de resíduos dessa natureza. A taxa de decaimento radioativo é medida em termos de um tempo característico, chamado meia-vida, que é o tempo necessário para que uma amostra perca metade de sua radioatividade original. O gráfico seguinte representa a taxa de decaimento radioativo do rádio-226, elemento químico pertencente à família dos metais alcalinoterrosos e que foi utilizado durante muito tempo na medicina.



As informações fornecidas mostram que:

- quanto maior é a meia-vida de uma substância, mais rápido ela se desintegra.
- apenas $\frac{1}{8}$ de uma amostra de rádio-226 terá decaído ao final de 4.860 anos.
- metade da quantidade original de rádio-226, ao final de 3.240 anos, ainda estará por decair.
- restará menos de 1% de rádio-226 em qualquer amostra dessa substância após decorridas 3 meias-vidas.
- a amostra de rádio-226 diminui a sua quantidade pela metade a cada intervalo de 1.620 anos devido à desintegração radioativa.

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



A absorção deficiente de cálcio está associada a doenças crônicas como osteoporose, câncer de cólon e obesidade. A necessidade de cálcio varia conforme a faixa etária. A OMS (Organização Mundial da Saúde) recomenda uma dose de 1.000 mg/dia na fase adulta. A suplementação desse nutriente é necessária para alguns indivíduos. Para isso, o carbonato de cálcio pode ser apresentado em comprimidos que contêm 625 mg de CaCO_3 .

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

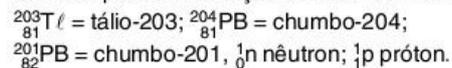
52 Unesp Já se passaram 23 anos do acidente de Goiânia, quando em 1987, em um ferro-velho, ocorreu a abertura de uma cápsula contendo o material radioativo Cs-137, que apresenta meia-vida de 30 anos. Sabendo que, à época do acidente, havia 19,2 g de Cs-137 na cápsula, o tempo, em anos, que resta para que a massa desse elemento seja reduzida a 2,4 g é igual a:

- (a) 67 (b) 77 (c) 80 (d) 90 (e) 97

53 UFSCar 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_1p) 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 $A_0/4$, calcule o período de tempo, expresso em horas, durante o qual essa amostra pode ser utilizada para a realização de exames médicos.

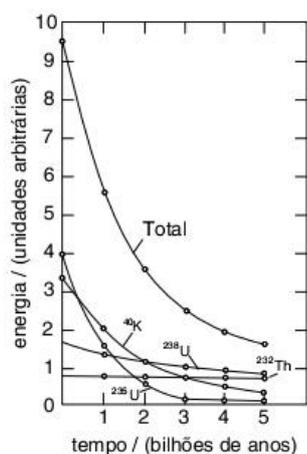


Texto para a questão 54.

Vivemos em uma época notável. Os avanços da ciência e da tecnologia nos possibilitam entender melhor o planeta em que vivemos. Contudo, apesar dos volumosos investimentos e do enorme esforço em pesquisa, a Terra ainda permanece misteriosa. O entendimento desse sistema multifacetado, físico-químico-biológico, que

se modifica ao longo do tempo, pode ser comparado a um enorme quebra-cabeças. Para entendê-lo, é necessário conhecer suas partes e associá-las. Desde fenômenos inorgânicos até os intrincados e sutis processos biológicos, o nosso desconhecimento ainda é enorme. Há muito o que aprender. Há muito trabalho a fazer. Nesta prova, vamos fazer um pequeno ensaio na direção do entendimento do nosso planeta, a Terra, da qual depende a nossa vida.

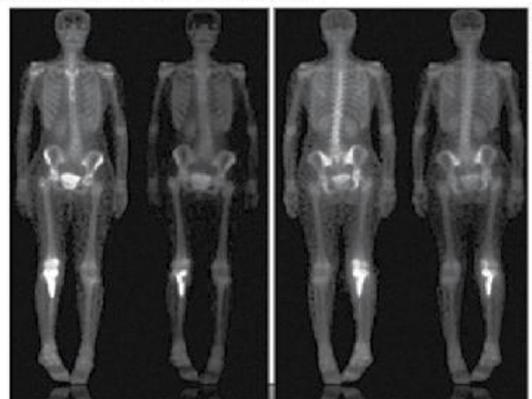
54 Unicamp Existem várias hipóteses quanto à origem da Terra e os acontecimentos que geraram as condições físico-químico-biológicas dos dias de hoje. Acredita-se que o nosso planeta tenha se formado há cerca de 4550 milhões de anos. Um dos estágios, logo no início, deve ter sido o seu aquecimento, principalmente pela radioatividade. A figura mostra a produção de energia a partir de espécies radioativas e suas abundâncias conhecidas na Terra.



- Quantas vezes a produção de energia radiogênica (radioativa) era maior na época inicial de formação da Terra, em relação aos dias atuais?
- Quais foram os dois principais elementos responsáveis pela produção de energia radiogênica na época inicial de formação da Terra?
- E nos dias de hoje, quais são os dois principais elementos responsáveis pela produção dessa energia?

Texto para a questão 55.

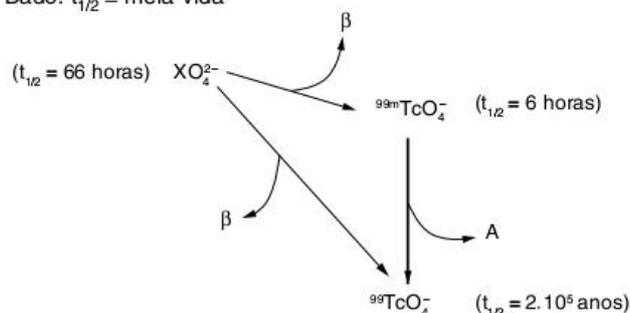
A cintilografia é um procedimento clínico que permite assinalar a presença de um radiofármaco num tecido ou órgão, graças à emissão de radiações que podem ser observadas numa tela na forma de pontos brilhantes (cintilação).



Cintilografia óssea.

55 UFRJ Os principais agentes usados nas clínicas de medicina nuclear para cintilografia são os radiofármacos marcados com $^{99\text{m}}\text{Tc}$, 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 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ em 100 mL de uma solução contendo 16,2 g de $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ após um período de 12 horas.

TEXTOS COMPLEMENTARES

A solução para o planeta: Energia Nuclear

Atualmente, o problema do aquecimento global vem sendo debatido exaustivamente nos meios de comunicação. O planeta sofre com o excesso de gases poluentes advindos do uso de combustíveis carbônicos. Para o cientista James Lovelock, a solução para minimizar os efeitos do aquecimento ou até mesmo salvar o planeta está no investimento em energia nuclear. Na visão de James, seria uma alternativa segura, bem experimentada, prática e barata.

Vamos pensar um pouco?

Imagine que exerça um cargo público importante de um país e esteja encarregado de decidir qual combustível utilizar para uma nova central de energia. Observe as seguintes possibilidades:

Carvão: Requer o equivalente a uma fila de 1.000 km de comprimento de vagões carregados com dispendioso carvão; emite mais de 1.000 milhões de metros cúbicos de gás que sobreaquece o Globo; produz poeiras e mais de 600.000 toneladas métricas de cinzas tóxicas.

Petróleo: Requer o equivalente a quatro ou cinco superpetroleiros carregados de petróleo importado de zonas instáveis do Globo; emite quase tantos gases-estufa como o carvão, além de grandes quantidades de óxidos sulfúricos que são despejados na atmosfera, transformando-se em chuvas ácidas e outros compostos altamente tóxicos.

Gás natural: É transportado ao longo de grandes distâncias em navios e gasodutos vulneráveis a acidentes e fugas e as emissões são altamente poluentes.

Nuclear: É alimentado pelo equivalente a dois caminhões carregados de urânio, barato e abundante, importado de países estáveis como o Canadá ou a Austrália. Emissões de gases ou ácidos: zero. Cinzas e poeiras tóxicas: zero. Desperdícios altamente radioativos: alguns baldes.

Qual seria sua opção?

As vantagens da utilização de energia nuclear em substituição aos combustíveis fósseis são impressionantes. Sabemos que a energia nuclear é segura, limpa e eficaz. Hoje, mais de um terço da eletricidade da Europa Ocidental é gerada por 137 reatores nucleares. Ao todo, 438 reatores fornecem quase um sétimo das necessidades de eletricidade a nível mundial.

Não nos parece muito óbvio rejeitar a energia nuclear, justamente quando mais precisamos dela para combater o aquecimento global. Não são as legítimas preocupações com a segurança que estão no cerne da questão. A agenda antinuclear é liderada por grupos como o *Greenpeace*, *Amigos da Terra* e políticos dos partidos Verdes. Os objetivos destas organizações não dão importância nem ao senso comum ambiental nem à ciência – o que

não deixa de ser uma estranha maneira de defender a Terra. A ideia dos Verdes, de que as energias renováveis podem preencher o vazio deixado pela retirada das centrais de energia nuclear e corresponder à sempre crescente procura de energia, não passa de um disparate romântico.

Mas por que tanto receio?

Os grandes receios relacionados com a energia nuclear concentram-se, sobretudo, na radiação. No entanto, a radiação faz parte do nosso ambiente natural e podemos viver com ela. Somos continuamente expostos à radioatividade natural proveniente, sobretudo, das rochas e do solo. O bombardeamento de radiação aumenta em 10% quando dormimos ao lado de outro ser humano.

Os números mostram que o medo instintivo que muitos demonstram perante a energia nuclear não tem fundamento. Os poucos acidentes que ocorreram têm sido amplamente exagerados. E por essa razão, não podemos nos abater por exageros midiáticos sem qualquer aprofundamento técnico.

Como proceder?

Precisamos analisar com maior tecnicidade e rigor as informações sobre acidentes nucleares, baseadas em riscos estatísticos ínfimos – ainda que reais –, para nos concentrarmos em soluções para o aquecimento global. E neste mundo tão elétrico, a energia nuclear pode ser a nossa única esperança.

Texto baseado nos estudos do cientista James Lovelock, cuja parte do trabalho pode ser consultada em: <www.ecolo.org/lovelock/Nuclear_life_line_po.pdf>.

Acidente em Fukushima abre era pós-nuclear

Fukushima marca o fim de uma ilusão e o início da era pós-nuclear. Os defensores da opção nuclear têm agora de admitir que Fukushima modificou radicalmente o enunciado do problema energético. E que daqui para a frente se impõem quatro imperativos: parar a construção de novas centrais; dismantelar as que existem num prazo máximo de trinta anos; impor uma frugalidade extrema no consumo de energia; e tirar pleno partido das energias renováveis. Só assim se poderá talvez salvar o nosso planeta. E a humanidade.

O sismo de magnitude 9 e o formidável maremoto que, no dia 11 de março, atingiu com inaudita brutalidade o nordeste do Japão e causou o desastre atual de Fukushima, derrubaram as certezas dos defensores da energia atômica civil.

Curiosamente, a indústria nuclear estava vivendo talvez a melhor época da sua história. Num grande número de países estavam previstas dezenas de construções de centrais. E isto essencialmente por duas razões. Primeiro, porque a perspectiva de que o petróleo venha a esgotar-se no final deste século, associada ao crescimento exponencial da procura de energia por parte dos “gigantes emergentes” (China, Índia, Brasil), faziam dela a energia de substituição por excelência [1]. Depois, porque a tomada de consciência coletiva ante os perigos das alterações climáticas causados pelos gases com efeito de estufa, conduzia paradoxalmente à preferência pela energia nuclear julgada “limpa”, por não produzir CO₂

A estes dois recentes argumentos, juntavam-se os pretextos habituais: o da soberania energética e da mínima dependência de países exportadores de hidrocarbonetos; o baixo custo da energia assim produzida; e – ainda que pareça insólito no contexto atual – o da segurança, sob o pretexto de que as 441 centrais nucleares do mundo (mais de metade das quais situadas na Europa Ocidental) só registaram, ao longo de meio século, três acidentes graves [2]...

Todos estes argumentos – não totalmente absurdos – foram fulminados perante a excepcional dimensão do desastre de Fukushima. O novo pânico, de alcance mundial, que este cataclismo fez nascer assenta em várias constatações. Em primeiro lugar, e contrariamente ao de Chernobyl – atribuído em parte, por razões ideológicas, ao envelhecimento duma tecnologia soviética vilipendiada – este acidente acontece precisamente no coração de um dos centros hipertecnológicos mais avançado do mundo, num país onde bem se pode imaginar – o Japão foi, em 1945, a única nação vítima do inferno militar atômico – que as suas autoridades e os seus técnicos tenham tomado todas as precauções possíveis para evitar o desastre nuclear civil. Portanto, se o Estado mais capaz e mais vigilante não conseguiu impedir a catástrofe, é razoável que os outros países continuem a brincar com o fogo nuclear?

Em segundo lugar, as consequências temporais e espaciais do desastre de Fukushima aterrorizam. Por causa da fortíssima radiação, as áreas que circundam a central ficarão inabitáveis durante milênios. As zonas um pouco mais afastadas, durante séculos. Milhões de pessoas serão definitivamente deslocados para zonas menos contaminadas. Terão de abandonar para sempre as suas propriedades, as suas explorações agrícolas, industriais ou de pesca. Para além da região-mártir propriamente dita, os efeitos radioativos far-se-ão sentir na saúde de dezenas de milhões de japoneses. E com certeza também na dos vizinhos, coreanos, russos, chineses... Sem excluir outros habitantes do hemisfério Norte [3]. O que confirma que um acidente nuclear nunca é local, é sempre planetário.

Em terceiro lugar, Fukushima demonstrou que a questão da chamada “soberania energética” é muito relativa. Porque a produção da energia nuclear supõe uma outra sujeição: a “dependência tecnológica”. Apesar do seu enorme avanço técnico, o próprio Japão viu-se forçado a recorrer a especialistas americanos, franceses, russos e coreanos (além dos especialistas da Agência Internacional de Energia Atômica) para tentar retomar o controle dos reatores acidentados. Além disso, os recursos de urânio do planeta [4] são extremamente limitados. Calcula-se que, ao atual ritmo de exploração, as reservas minerais desse minério se esgotem ao fim de 80 anos... ou seja, ao mesmo tempo que o petróleo...

Por todas estas razões, e muitas mais (a eletricidade nuclear não é mais barata), os defensores da opção nuclear têm agora de admitir que Fukushima modificou radicalmente o enunciado do problema energético. E que daqui para a frente se impõem quatro imperativos: parar a construção de novas centrais; dismantelar as que existem num prazo máximo de trinta anos; impor uma frugalidade extrema no consumo de energia; e tirar pleno partido das energias renováveis. Só assim se poderá talvez salvar o nosso planeta. E a humanidade.

Notas

[1] Antes do acidente de Fukushima, estimava-se que o número de centrais nucleares no mundo devia aumentar 60% até 2030. A China, por exemplo, possui atualmente 13 centrais atômicas em atividade (que fornecem apenas 1,8% da electricidade do país); em janeiro, Pequim decidiu construir, entre 2011 e 2015, 34 novas centrais, uma de dois em dois meses...

[2] Three Mile Island, Estados-Unidos, em 1979; Chernobyl, União Soviética, em 1986; e Fukushima, Japão, em 2011.

[3] Partículas radioativas provenientes de Fukushima caíram na Europa Ocidental alguns dias após o acidente, e ainda que as autoridades tenham afirmado que “não constituíam nenhum perigo para a saúde”, vários especialistas advertiram: se estas partículas ficarem acumuladas sobre legumes de folhas largas como alfaces, seu consumo pode constituir um risco.

[4] Um reator nuclear não é senão um sistema para aquecer água. Para isso, utiliza-se a fissão do átomo de urânio-235 que, partindo-se através da “desintegração nuclear”, produz uma enorme libertação de energia térmica e aquece a água. Esse calor é depois transformado em energia elétrica. Convém saber que 156 toneladas de rocha contêm só uma tonelada de minério de urânio do qual se obtém no final apenas um quilo de urânio puro. Desse quilo só 0,7%, ou seja, 7 gramas, são de U-235. Temos, então, que serão necessárias 156 toneladas de rochas para 7 gramas de combustível! *Ler, Eduard Rodríguez Farré e Salvador López Arnal, Casi todo lo que usted desea saber sobre los efectos de la energía nuclear en la salud y en medio ambiente, El Viejo Topo, Barcelona, 2008; e Paco Pucho “Adios a la energía nuclear”, Rebelión (www.rebelion.org), 18 de Abril de 2011.*

Ignacio Ramonet – Mémoire des Luttés/Esquerda.net. Deolinda Peralta (trad.). Disponível em: <www.cartamaior.com.br/templates/materiaMostrar.cfm?materia_id=17771>.

RESUMINDO

A radioatividade foi descoberta por Henri Becquerel, em 1896, e desenvolvida principalmente pelo casal Curie.

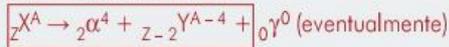
Partículas e emissões radioativas

Emissão	Representação	Aspecto	Carga	Número de massa	Velocidade	Poder de penetração
α	${}^2_2\alpha^4$		+2	4	20.000 a 30.000 km/s	muito baixo
β	${}_{-1}\beta^0$		-1	0	até 270.000 km/s	médio
γ	${}^0_0\gamma^0$	onda eletromagnética	0	0	300.000 km/s	alto
pósitron	${}_{+1}\beta^0$		+1	0	-	-

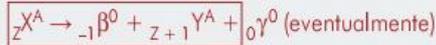
Comparativo das principais emissões radioativas.

Reações nucleares

1ª Lei de Soddy: (emissões α)



2ª Lei de Soddy: (emissões β)

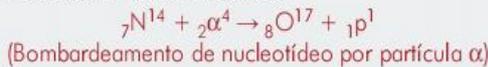


Para essas e demais reações nucleares, deve-se obedecer à conservação das cargas e dos números de massa.

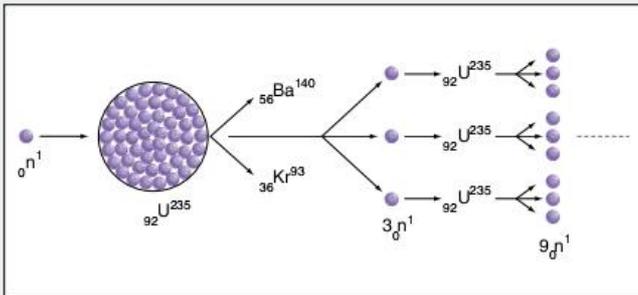
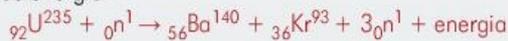
Tipos de reações nucleares:

- Transmutação nuclear
- Fissão nuclear
- Fusão nuclear

Transmutações nucleares são reações nucleares provocadas pelo bombardeamento de núcleos.



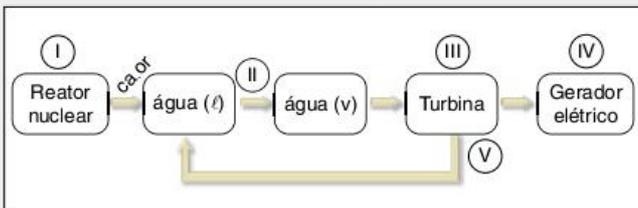
Fissão nuclear é o processo de transmutação nuclear que quebra um núcleo grande em outros menores, com grande liberação de energia.



Reação em cadeia da fissão nuclear do urânio enriquecido.

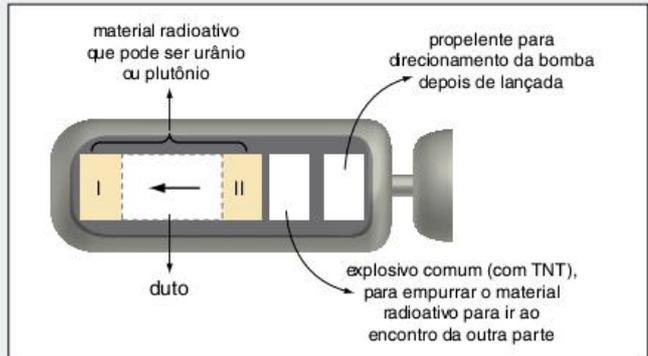
A fissão nuclear explica o funcionamento:

- das usinas nucleares



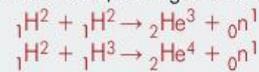
Esquema simplificado do funcionamento de uma usina nuclear.

- das bombas atômicas (usadas para fins bélicos)



Esquema simplificado de uma bomba atômica.

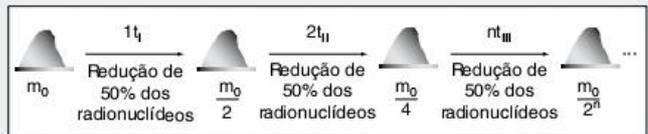
Fusão nuclear é a união efetiva de dois núcleos menores para formação de um núcleo maior, com grande liberação de energia.



A fusão nuclear explica a atividade:

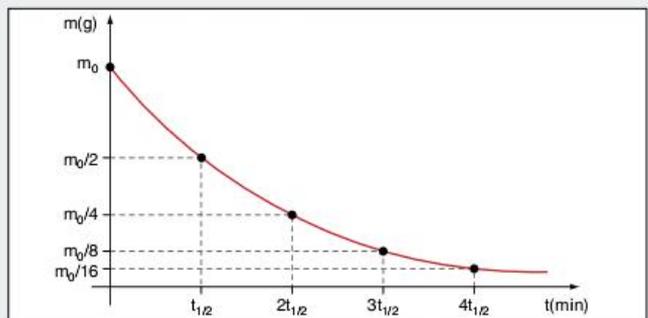
- do Sol
- das bombas de hidrogênio (não utilizadas ainda em ataques reais, somente em testes)

Período de meia-vida ($t_{1/2}$) é o intervalo de tempo necessário para que o número (ou a massa) de radionúcleos reduza-se à metade.



Modelo para visualização do período de meia-vida ($t_{1/2}$).

$$m = \frac{m_0}{2^n}, \text{ em que } n \text{ é o número de períodos de meia-vida.}$$



Massa restante de radionúcleos após emissões radioativas ao longo do tempo.

■ QUER SABER MAIS?



SITES

- <<http://veja.abril.com.br/noticia/saude/os-efeitos-da-radioatividade-no-corpo-humano>>
- <<http://globov.globo.com/rede-globo/fantastico/v/mundos-invisiveis-o-porque-da-radioatividade/788167>>
- <www.eletronuclear.gov.br/Saibamais/Espa%C3%A7oConhecimento> Pesquisaescolar/EnergiaNuclear.aspx
- <www.istoe.com.br/reportagens/129149_SERA+O+FIM+DA+ENERGIA+ATOMICA+>
- <www.estadao.com.br/estadaodehoje/20110516/not_imp719669,0.php>



LIVROS

- Paul Strathern. *Curie e a Radioatividade em 90 Minutos*. Jorge Zahar, 2000.
- Maria Elisa Marcondes Helene. *A Radioatividade e o Lixo Nuclear*. Scipione, 1999.
- José Eli da Veiga. *Energia Nuclear do anátema ao diálogo*. Senac, 2011.

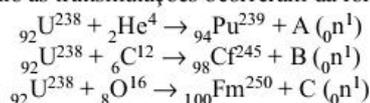
Exercícios complementares

Radioatividade – Conceitos básicos

1 FEI 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:

- 82 prótons e 133 nêutrons.
- 84 prótons e 131 nêutrons.
- 86 prótons e 129 nêutrons.
- 88 prótons e 127 nêutrons.
- 90 prótons e 125 nêutrons.

2 Cesgranrio A partir da década de 40, quando McMillan e Seaborg obtiveram em laboratório os primeiros elementos transurânicos ($NA > 92$), o urânio natural foi usado algumas vezes para obter tais elementos. Para tanto, ele era bombardeado com núcleos de elementos leves. Na obtenção do plutônio, do califórnio e do fêrmio as transmutações ocorreram da forma a seguir.



Sendo assim, os valores de A, B e C que indicam as quantidades de nêutrons obtidas são, respectivamente:

- 1, 4 e 5.
- 1, 5 e 4.
- 2, 4 e 5.
- 3, 4 e 5.
- 3, 5 e 4.

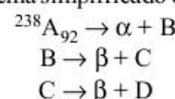
3 Cesgranrio Após algumas desintegrações sucessivas, o ${}_{90}\text{Th}^{232}$, muito encontrado na orla marítima de Guarapari (ES), se transforma no ${}_{82}\text{Pb}^{208}$. O número de partículas α e β emitidas nessa transformação foi, respectivamente, de:

- 6 e 4.
- 6 e 5.
- 5 e 6.
- 4 e 6.
- 3 e 3.

4 FEI 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:

- os átomos Y e X são isótopos.
- os átomos X e Z são isótonos.
- os átomos X e Y são isóbaros.
- o átomo Z possui 143 nêutrons.
- o átomo Y possui 92 prótons.

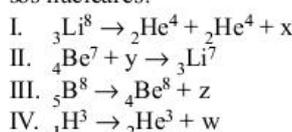
5 FEI Sejam A, B, C e D os elementos de uma série radioativa envolvidos no esquema simplificado de desintegração nuclear



então:

- B, C e D são isótopos.
- A e D são isóbaros.
- C tem 143 nêutrons.
- B tem 92 prótons.
- A e B são isótonos.

6 ITA Considere as seguintes equações relativas a processos nucleares:



Ao completar as equações dadas, as partículas x, y, z e w são, respectivamente:

- pósitron, alfa, elétron e elétron.
- elétron, alfa, elétron e pósitron.
- alfa, elétron, elétron e pósitron.
- elétron, elétron, pósitron e elétron.
- elétron, elétron, pósitron e nêutron.

>> **Dica da questão 3:** Equacione o problema como mostrado a seguir: ${}_{90}\text{Th}^{232} \rightarrow {}_{82}\text{Pb}^{208} + x_2\alpha^4 + y_{-1}\beta^0$

x é o número de partículas α , e y o número de partículas β .

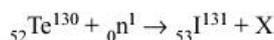
Dica da questão 6: Pósitron é a partícula ${}_{-1}\text{p}^0$.

7 Mackenzie No dia 6 de agosto de 1995, o mundo relembrou o cinquentenário do trágico dia em que Hiroshima foi bombardeada, reverenciando seus mortos. Uma das possíveis reações em cadeia, de fissão nuclear do urânio-235 usado na bomba, é:

${}_{92}\text{U}^{235} + {}_0\text{n}^1 \rightarrow {}_{56}\text{Ba}^{139} + {}_{36}\text{Kr}^{94} + X + \text{energia}$, onde X corresponde a:

- (a) ${}_1\text{H}^3$
- (b) ${}_3{}_0\text{n}^1$
- (c) ${}_2{}_0\text{n}^1$
- (d) ${}_2\alpha^4$
- (e) ${}_1\text{D}^2$

8 Puccamp O isótopo ${}_{53}\text{I}^{131}$, utilizado no diagnóstico de moléstias da tireoide, pode ser obtido pelo bombardeio de ${}_{52}\text{Te}^{130}$, representado a seguir.



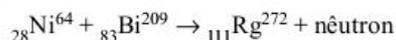
Na equação radioquímica dada, X corresponde a:

- (a) próton.
- (b) nêutron.
- (c) pósitron.
- (d) partícula beta.
- (e) partícula alfa.

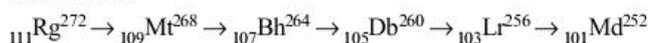
9 Puccamp Em 09/02/96 foi detectado um átomo do elemento químico 112, num laboratório da Alemanha. Provisoriamente denominado de unúmbio, ${}_{112}\text{Uub}$, e muito instável, teve tempo de duração medido em microssegundos. Numa cadeia de decaimento, por sucessivas emissões de partículas alfa, transformou-se num átomo de fêrmio, elemento químico de número atômico 100. Quantas partículas alfa foram emitidas na transformação ${}_{112}\text{Uub} \rightarrow {}_{100}\text{Fm}$?

- (a) 7
- (b) 6
- (c) 5
- (d) 4
- (e) 3

10 Fuvest Em 1995, o elemento de número atômico 111 foi sintetizado pela transformação nuclear:



Esse novo elemento, representado por Rg, é instável. Sofre o decaimento:

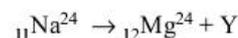
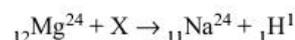


Nesse decaimento, liberam-se apenas:

- (a) nêutrons.
- (b) prótons.
- (c) partículas α e partículas β .
- (d) partículas β .
- (e) partículas α .

11 UEL Marie Sklodowska Curie, por seus trabalhos com a radioatividade e pelas descobertas de novos elementos químicos como o polônio e o rádio, foi a primeira mulher a ganhar

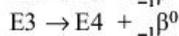
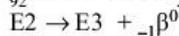
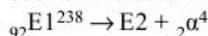
dois prêmios Nobel: um de física, em 1903, e um de química, em 1911. Suas descobertas possibilitaram a utilização de radioisótopos na medicina nuclear. O elemento sódio não possui um isótopo radioativo na natureza, porém o sódio-24 pode ser produzido por bombardeamento em um reator nuclear. As equações nucleares são as seguintes:



O sódio-24 é utilizado para monitorar a circulação sanguínea, com o objetivo de detectar obstruções no sistema circulatório. X e Y são, respectivamente:

- (a) raios X e partícula beta.
- (b) raios X e partícula alfa.
- (c) partícula alfa e raios gama.
- (d) nêutron e raios gama.
- (e) nêutron e partícula beta.

12 FGV A pesquisa e a produção de radioisótopos para fins pacíficos podem gerar melhora na qualidade de vida da população, constituindo-se também em atividade econômica rentável. No Brasil, a produção de radioisótopos constitui monopólio da União, conforme estabelecido na Constituição de 1988, e órgãos estatais produzem radioisótopos empregados tanto em diagnóstico como no tratamento de doenças, tornando o custo destas terapias acessíveis e disponíveis à população pelo serviço público de saúde. Considere a seguinte sequência de processos nucleares que ocorrem no decaimento do radioisótopo natural E1.



Em relação às espécies E1, E2, E3 e E4, é correto afirmar que:

- (a) E1, E3 e E4 são isótonos e E2, E3 e E4 são isóbaros.
- (b) E2 e E4 são isótopos e E1, E3 são isótonos.
- (c) E1 e E4 são isóbaros e E2, E3 e E4 são isótopos.
- (d) E1 e E3 são isótopos e E2, E3 e E4 são isótonos.
- (e) E1 e E4 são isótopos e E2, E3 e E4 são isóbaros.

13 Fuvest 2011 Em 1921, E. Rutherford e J. Chadwick relataram que, ao bombardear átomos de nitrogênio (${}_{7}^{14}\text{N}$) com

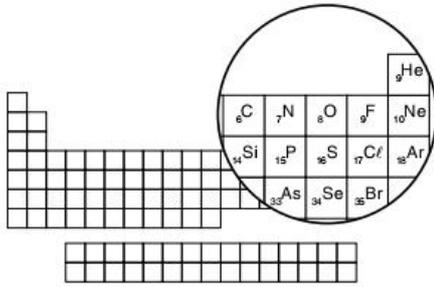
partículas alfa (núcleos de ${}_{2}^4\text{He}$), ocorria a liberação de prótons. Posteriormente, eles afirmaram:

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

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

- a) Com base nas informações acima, escreva a equação nuclear representativa da transformação que ocorre ao se bombardear átomos de nitrogênio com partículas alfa.

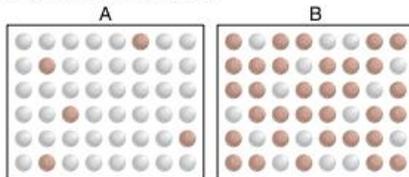
- b) O núcleo X formado na experiência descrita é um isótopo de nitrogênio? Explique sua resposta.



Radioatividade – Fenômenos e aplicações

- 14 UnB** 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 tomarem 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.

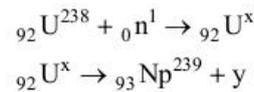
- 16 UnB** O processo de irradiação pode ser utilizado para aumentar o tempo de conservação dos alimentos, por meio da eliminação de microrganismos patogênicos e de insetos. A irradiação geralmente é feita com raios gama originados do cobalto-60. Acerca da radiação, julgue os itens abaixo.
- Um alimento 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 UnitaU** Examine a seguinte proposição.
 “A radiação gama apresenta pequeno comprimento de onda, sendo mais penetrante que alfa, beta e raios X.”
 Essa proposição está:
- (a) confusa.
 - (b) totalmente errada.
 - (c) errada, porque não existem radiações gama.
 - (d) parcialmente correta.
 - (e) totalmente correta.

- 18 Unirio** 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 núclídeos 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** 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:

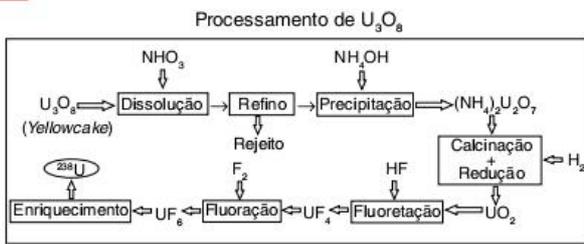


- a) Complete as equações. Forneça o valor de x e identifique a partícula y.
- b) O neptúnio-239 tem tempo de meia-vida de dois dias. Discuta o significado do tempo de meia-vida do Np.

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

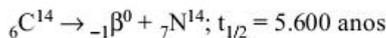


O rejeito produzido na etapa de refino contém ^{206}Pb oriundo do decaimento radioativo do ^{238}U .

Calcule o número de partículas α e β emitidas pelo ^{238}U para produzir o ^{206}Pb .

Cinética das emissões radioativas

22 UFPR O elemento carbono existe na natureza em três tipos de isótopos, a saber: ${}_6C^{12}$, ${}_6C^{13}$ e ${}_6C^{14}$. A espécie ${}_6C^{14}$ 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 ${}_6C^{14}O_2$ (gás). A partir deste instante, o teor de ${}_6C^{14}$ 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 ${}_Z X^A$ corresponde a: Z = número atômico, A = número de massa e X = símbolo do elemento químico.

A técnica de datação com carbono radioativo (${}_6C^{14}$) é baseada no conhecimento acima e tem sido muito utilizada para determinar a idade de plantas fossilizadas.

Considerando essas informações, é correto afirmar:

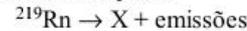
- Após 5.600 anos, não mais existirá o isótopo ${}_6C^{14}$ na Terra.
- O ${}_7N^{14}$ apresenta igual número de prótons, elétrons e nêutrons.
- As espécies ${}_6C^{12}$, ${}_6C^{13}$ e ${}_6C^{14}$ apresentam-se com diferentes números de prótons.
- Uma partícula ${}_{-1}\beta^0$ tem características 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 ${}_6C^{14}$ 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 Sobre radioatividade, é correto afirmar:

- 01 Na reação de fusão nuclear representada por:

$${}_1H^2 + {}_1H^3 \rightarrow X + {}_0n^1$$
 a espécie X deve ter 2 prótons e 2 nêutrons.
- 02 ${}_{53}I^{131}$ 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 ${}_{88}Ra^{223}$ 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:

$${}_7N^{14} + {}_0n^1 \rightarrow X + {}_1p^1$$
 o elemento X é ${}_6C^{14}$.
- 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 ${}_{53}I^{131}$, utilizado no diagnóstico de moléstias da tireoide, pode ser obtido pelo bombardeio de ${}_{52}Te^{130}$.

$${}_{52}Te^{130} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{53}I^{131} + X$$
 onde X corresponde a beta.

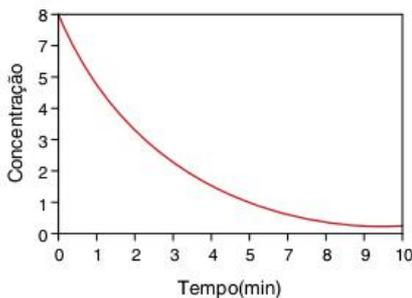
Soma =

26 Vunesp O radioisótopo ${}_{27}Co^{60}$, usado na terapia de câncer, desintegra-se com o tempo de meia-vida $t = 2,7 \cdot 10^6$ minutos, para produzir ${}_{28}Ni^{60}$. A velocidade de desintegração de uma amostra contendo ${}_{27}Co^{60}$ como único isótopo radioativo é de 240 átomos \cdot minuto $^{-1}$.

Escrever a equação do processo nuclear que ocorre.

- 27 UEL** A meia-vida do radioisótopo carbono-14 é de aproximadamente 5.700 anos e sua abundância nos seres vivos é da ordem de 10 ppb (partes por bilhão). Sendo assim, se um pedaço de tecido produzido no ano do descobrimento do Brasil for realmente dessa época deverá apresentar teor de carbono-14:
- maior do que 10 ppb.
 - igual a 10 ppb.
 - maior do que 5 ppb e menor do que 10 ppb.
 - igual a 5 ppb.
 - menor do que 5 ppb.

- 28 UFRGS** O gráfico a seguir representa a variação da concentração de um radioisótopo com o tempo.



A observação do gráfico permite afirmar que a meia-vida do radioisótopo é igual a:

- 1 min.
- 2 min.
- 4 min.
- 5 min.
- 10 min.

- 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 UNE** Ao capturar um nêutron, um átomo de urânio pode sofrer um processo de fissão, que resulta na desintegração de seu núcleo. Formam-se assim dois elementos mais leves (por exemplo, bário e criptônio), com emissão simultânea de 2,5 nêutrons, em média, por núcleo.

Ciência Hoje. "O Funcionamento do reator", n. 32, v. 6, 1987.

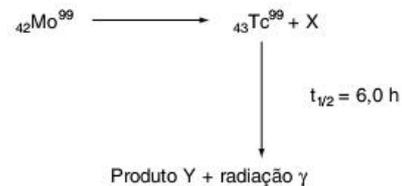
Com o auxílio do texto, julgue os itens seguintes.

- Os átomos de bário e criptônio são isótopos do átomo de urânio que os originou.
- No processo de fissão nuclear citado, é também possível a formação de átomos de massa maior do que a do átomo de urânio.

- A emissão de 2,5 nêutrons, em média, por núcleo, significa que podem estar ocorrendo reações que produzirão 3 nêutrons e reações que produzirão 2 nêutrons.

- 31 Vunesp** O acidente do reator nuclear de Chernobyl, em 1986, lançou para a atmosfera grande quantidade de ${}_{38}\text{Sr}^{90}$ radioativo, cuja meia-vida é de 28 anos. Supondo ser este isótopo a única contaminação radioativa e sabendo que o local poderá ser considerado seguro quando a quantidade de ${}_{38}\text{Sr}^{90}$ se reduzir, por desintegração, a 1/16 da quantidade inicialmente presente, o local poderá ser habitado novamente a partir do ano de:
- 2014
 - 2098
 - 2266
 - 2986
 - 3000

- 32 Vunesp** O tecnécio-99, um isótopo radioativo utilizado em Medicina, é produzido a partir do molibdênio, segundo o processo esquematizado a seguir.



Define-se $T_{1/2}$ (tempo de meia-vida) como o tempo necessário para que ocorra desintegração de metade do total de átomos radioativos inicialmente presentes.

É correto afirmar que:

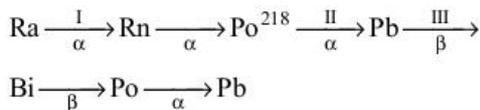
- X é uma partícula alfa.
- X é uma partícula beta.
- ao final de 12 horas, toda a massa de ${}_{43}\text{Tc}^{99}$ é transformada em produto Y.
- ao final de 12 horas, restam 72% da quantidade inicial de ${}_{43}\text{Tc}^{99}$.
- o produto final Y é um isótopo do elemento de número atômico 44.

- 33 Fuvest** Um centro de pesquisa nuclear possui um ciclotron que produz radioisótopos para exames de tomografia. Um deles, o flúor-18 (${}^{18}\text{F}$), com meia-vida de aproximadamente 1h30min, é separado em doses, de acordo com o intervalo de tempo entre sua preparação e o início previsto para o exame. Se o frasco com a dose adequada ao exame de um paciente A, a ser realizado 2 horas depois da preparação, contém N_A átomos de ${}^{18}\text{F}$, o frasco destinado ao exame de um paciente B, a ser realizado 5 horas depois da preparação, deve conter N_B átomos de ${}^{18}\text{F}$, com:

(A meia-vida de um elemento radioativo é o intervalo de tempo após o qual metade dos átomos inicialmente presentes sofreram desintegração.)

- $N_B = 2N_A$
- $N_B = 3N_A$
- $N_B = 4N_A$
- $N_B = 6N_A$
- $N_B = 8N_A$

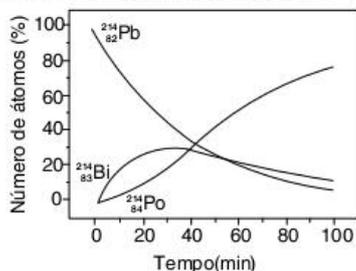
34 Fuvest Rutherford determinou o valor da constante de Avogadro, estudando a série radioativa abaixo onde está indicado o modo de decaimento de cada nuclídeo.



- 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.

Dado: Volume molar dos gases a 25 °C e 1 atm = 25 L/mol.

35 ITA 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 $1 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$.

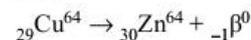
Das afirmações apresentadas, estão corretas:

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

36 PUC-SP O elemento rádio foi descoberto pelo casal Marie e Pierre Curie no final do século XIX. Seu nome foi conferido devido à intensa radioatividade do isótopo ^{226}Ra , que emite uma partícula, formando o ^{222}Rn com meia-vida de 1.662 anos. Pertencente à família dos alcalinoterrosos, o rádio apresenta comportamento químico semelhante ao elemento bário (Ba). Considere que uma amostra contendo 0,001 mol do sal $^{226}\text{RaCl}_2$ apresenta taxa de desintegração t quando armazenada a 25 °C e sob pressão de 1 atm. A respeito da taxa de desintegração de uma segunda amostra, também contendo 0,001 mol de ^{226}Ra , pode-se afirmar que será:

- (a) igual a t , qualquer que seja a substância que contenha o rádio-226, ou as condições de pressão e temperatura em que se encontra.
 (b) significativamente menor que t se for mantida sob refrigeração abaixo de 50°C.
 (c) maior que t se o rádio estiver na forma do composto RaSO_4 , um sal insolúvel em água.
 (d) menor que t se o rádio estiver na forma metálica ^{226}Ra , uma vez que a ligação metálica é menos radioativa do que a iônica.
 (e) menor que t se a amostra for armazenada sob pressão de 100 atm.

37 Fuvest O isótopo radioativo Cu-64 sofre decaimento β , conforme representado:

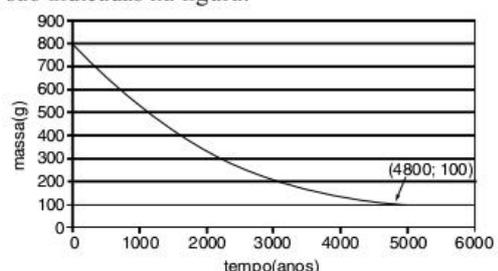


A partir de amostra de 20,0 mg de Cu-64, observa-se que, após 39 horas, formaram-se 17,5 mg de Zn-64. Sendo assim, o tempo necessário para que metade da massa inicial de Cu-64 sofra decaimento β é cerca de:

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

- (a) 6 horas. (c) 19 horas. (e) 52 horas.
 (b) 13 horas. (d) 26 horas.

38 Unifesp Quando se fala em isótopos radioativos, geralmente a opinião pública os associa a elementos perigosos, liberados por reatores nucleares. No entanto, existem isótopos de elementos naturais que estão presentes no nosso dia. O gráfico mostra a cinética de desintegração do rádio-226, que pode estar presente em materiais de construção, em geral em concentrações muito baixas para que se possa comprovar qualquer relação com danos à saúde. As coordenadas de um ponto do gráfico são indicadas na figura.



>> Dica da questão 34: 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 .

Dados: $m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{c}}$

Onde

m: massa no tempo t;
 m_0 : massa no tempo 0;
 c: tempo de meia-vida.

A meia-vida desse isótopo, em anos, é igual a:

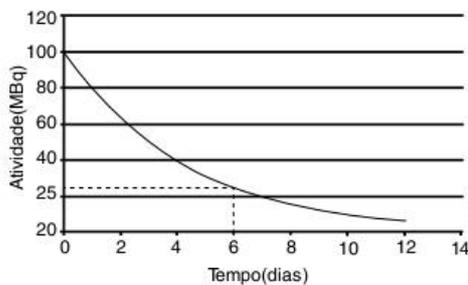
- (a) 1.400
- (b) 1.500
- (c) 1.600
- (d) 1.700
- (e) 1.800

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 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: $A_i/A_f = 2^x$, 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.
- (b) 30 dias.
- (c) 2 meses.
- (d) 4 meses.
- (e) 6 meses.

41 ITA O acidente nuclear ocorrido em Chernobyl (Ucrânia), em abril de 1986, provocou a emissão radioativa predominantemente de iodo-131 e césio-137. Assinale a opção correta que melhor apresenta os respectivos períodos de tempo para que a radioatividade provocada por esses dois elementos radioativos decaia para 1% dos seus respectivos valores iniciais. Considere o tempo de meia-vida do iodo-131 igual a 8,1 dias e do césio-137 igual a 30 anos.

Dados: $\ln 100 = 4,6$; $\ln 2 = 0,69$.

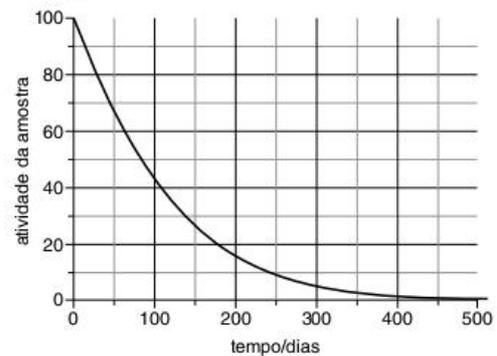
- (a) 45 dias e 189 anos.
- (b) 54 dias e 201 anos.
- (c) 61 dias e 235 anos.
- (d) 68 dias e 274 anos.
- (e) 74 dias e 296 anos.

42 FGV O iodo-131 é um radioisótopo do iodo que emite partículas beta e radiação gama. É utilizado para o diagnóstico de problemas na glândula tireoide. No exame, o paciente ingere uma solução contendo I-131 e por meio de um detector verifica-se a quantidade de iodo absorvido e sua distribuição na glândula.

Se a atividade de certa amostra de iodo diminuiu de 160 mCi no instante inicial para 10 mCi após 32 dias, a atividade dessa amostra 16 dias depois do instante inicial era, em mCi, igual a:

- (a) 20
- (b) 30
- (c) 40
- (d) 80
- (e) 85

43 Unicamp A Revista nº162 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}Ir se transforma em ^{192}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}Ir e 80% de ^{192}Pt , depois de quantos dias essa liga se transformará em uma liga que contém 5% de ^{192}Ir e 95% de ^{192}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}Ir , α ou β ? Justifique.

10

FRENTE 2

Reações inorgânicas

© ALEXANDER GRUTS/DREAMSTIME.COM

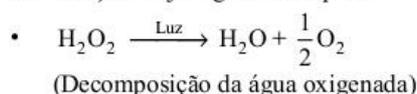
Esse experimento, conhecido como vulcãozinho, é classificado como uma reação de decomposição e será estudado neste capítulo.

O que motiva a ocorrência de uma reação química?

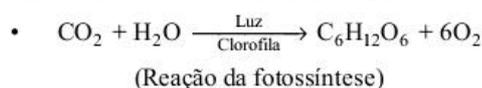
Todos os fenômenos que ocorrem na natureza buscam maior estabilidade para um sistema. Com uma reação química não poderia ser diferente. Basta que um sistema esteja em situação de instabilidade para que ocorram transformações apropriadas que o conduzam à estabilidade.

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, essa contrariedade de caracteres, que estimula a ocorrência de um fenômeno químico.

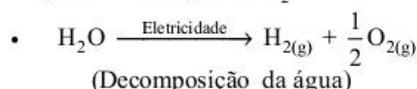
Isso ocorre algumas vezes, mas não sempre. Há outras reações que são estimuladas pelo simples aquecimento de uma substância, ou pela passagem da corrente elétrica (assunto visto no capítulo 7 da frente 3 – livro 4), ou até mesmo pela simples presença de luz (reação chamada de fotólise). Em geral, o aquecimento ou a exposição à luz estimulam as reações de decomposição, enquanto as eletrólises estimulam as reações de oxirredução. Veja alguns exemplos.



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.



Como se pode perceber, a reação simplificada da fotossíntese mostra a transformação do CO_2 e da H_2O em matéria orgânica, com a liberação de O_2 .

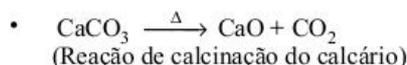


O H_2 produzido nesse fenômeno é um poderosíssimo explosivo e, quando a reação ocorre de forma controlada, o H_2 pode ser utilizado como um combustível de altíssimo poder calorífico. É por esse motivo que ele é utilizado em foguetes.

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:

$$\text{P.C.} = \frac{\Delta H_{\text{comb},x}}{M_x}$$



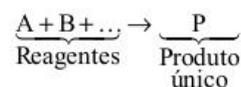
Nessa reação, é o calor que estimula a reação de decomposição, sendo por isso utilizado o termo **decomposição térmica**. Essa equação mostra como se produz cal virgem (CaO) a partir do minério calcário, cujo principal constituinte é o carbonato de cálcio (CaCO_3).

Mas esses são somente alguns exemplos de reações. Agora, faremos um estudo bem mais sistemático dos fenômenos químicos, procedendo a classificação dessas reações.

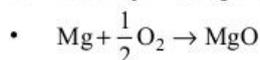
Reações de síntese, adição ou formação

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:



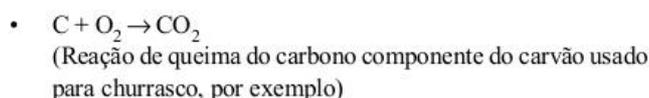
onde A, B, ... são substâncias reagentes e P é o único produto formado. Vejamos alguns exemplos.



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 fortíssima. 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*.



Fig. 1 Tira fina de magnésio sendo queimada, produzindo o MgO e liberando uma luz forte e bem brilhante, como em *flashes* fotográficos.



- $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH}_{(\text{aq})}$
(Reação de síntese do hidróxido de amônio, para a produção de desinfetantes de cozinha e de banheiro)
- $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ (1)
- $\text{SO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3$ (2)
- $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ (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!

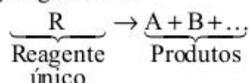
Alguns autores costumam denominar a reação mostrada pela equação 1 como reação de formação total, porque parte de substâncias simples. Quando há algum reagente composto, como mostrado nas equações 2 e 3, a formação é chamada parcial.

- $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$
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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 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:

- $2\text{KClO}_3 \xrightarrow{\Delta} 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$
(Reação de decomposição térmica do clorato de potássio, com liberação de gás oxigênio)
- $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{CaO} + \text{CO}_2$
(Reação de calcinação do calcário)
- $2\text{HgO} \xrightarrow{\Delta} 2\text{Hg} + \text{O}_2$
(Reação utilizada por Lavoisier na formulação da Lei da Conservação das massas, em que ele aproveitou também para dar nome ao gás oxigênio)
- $\langle \text{H}_2\text{CO}_3 \rangle \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (1)
- $\langle \text{H}_2\text{SO}_3 \rangle \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ (2)
- $\text{NH}_4\text{OH} \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (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.

- $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \xrightarrow{\Delta} \text{N}_2 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$
Essa é uma reação que se tornou uma prática de laboratório bastante utilizada, por ter um efeito visual bem peculiar. O dicromato de amônio $((\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$ é um pó laranja que, quando colocado em um tubo de ensaio e com forte aquecimento (através 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 os químicos costumam chamar essa reação de “vulcãozinho”. Veja o que ocorre esquematicamente no desenho a seguir.

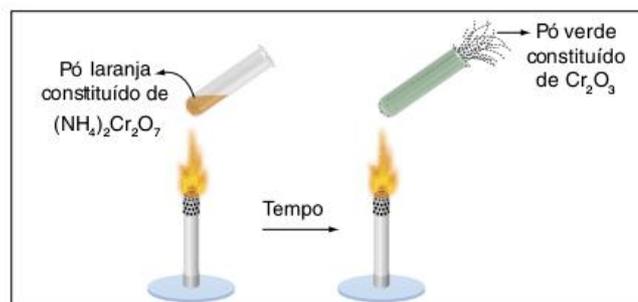


Fig. 2 “Vulcãozinho” provocado pela decomposição térmica do $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Cuidado, pois a reação é explosiva.

- $2\text{NaOH} \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
(Reação de decomposição de uma base, formando óxido por desidratação)
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$
(Reação de desidratação de um sal hidratado)

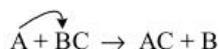
Reações de simples troca ou deslocamento

São reações em que apenas o cátion ou o ânion é substituído em uma substância composta. São reações de oxirredução.

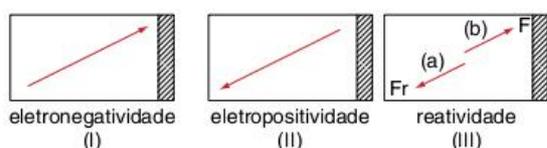
As reações de deslocamento podem ser subdivididas em:

Reações de simples troca catiônica

Podem ser representadas esquematicamente por:

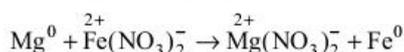


Nesse caso, a substância simples A deve ser formada por um elemento mais eletropositivo que o cátion B da substância composta BC. Se isso não ocorrer, não haverá a reação de deslocamento. Mas por quê? Ora, se o elemento B é um cátion mais eletropositivo que A, não haverá razão para que A saia de Nox 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 (Tab. II) ou eletronegativo (Tab. I) for um elemento químico, mais reativo ele será. Veja os seguintes esboços.

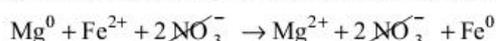


Através do esboço na tabela (III), podemos ter uma ótima noção da força que os elementos têm no deslocamento de outros. A flecha indicada por (a) mostra a capacidade de deslocamento catiônico. Por exemplo: como o potássio está mais próximo do frâncio que o magnésio, o potássio tem maior força que o magnésio no deslocamento catiônico.

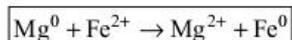
Como também se pode perceber, um deslocamento catiônico é uma reação de oxidoredução, que pode ser escrita na forma iônica. Veja o exemplo a seguir.



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 despeito da equação enquadrada acima, 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.

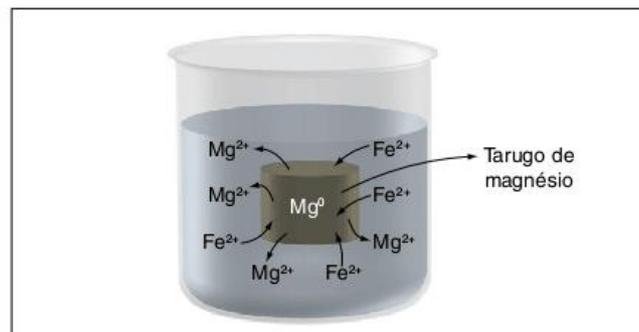


Fig. 3 O metal mais reativo vai para a solução, oxidando-se, e os cátions da solução, menos reativos, vão para a forma sólida metálica, depositando-se na superfície do mais reativo.

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 \ Cátion	X	Y	Z
X^+			
Y^+			
Z^+			

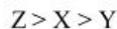
3. Realizavam-se em laboratório todas as tentativas de combinação, mostradas na tabela anterior; juntando-se X e X^+ , X e Y^+ , X e Z^+ etc.
4. As reações que ocorriam eram anotadas positivamente (e poderiam ser verificadas pela mudança de cor na solução aquosa e/ou pelo depósito de um metal de coloração diferente do original inserido) e as que não ocorriam (não havia mudanças de cor na solução ou no metal) negativamente. Vamos imaginar uma tabela já pronta, obtida no laboratório, como a mostrada abaixo.
- 5.

Metal \ Cátion	X	Y	Z
X^+	-	-	+
Y^+	+	-	+
Z^+	-	-	-

A indicação negativa de reação na diagonal é óbvia, já que não ocorreu troca efetiva entre um metal e seu cátion, apenas troca entre X e X^+ , e vice-versa, nas mesmas velocidades. É o que ocorre em um equilíbrio químico. Já entre o metal X e o cátion Y^+ ocorreu troca efetiva.

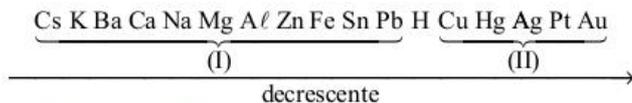
No entanto, o metal Z desloca os cátions X^+ e Y^+ , sendo, portanto, o metal mais eletropositivo e o mais reativo. O metal menos reativo é o Y, já que não desloca nenhum dos cátions.

Por isso, é o metal mais eletronegativo dentre os três. Assim, através desses dados experimentais, podemos colocar os metais em ordem decrescente de reatividade, como mostrado a seguir.



Dessa forma, foi sendo montada uma fila em ordem decrescente de reatividade com os metais. Aos poucos, a “fila de reatividade”, como é hoje conhecida, foi ficando cada vez maior.

A seguir, é mostrada a fila de reatividade dos metais que será utilizada em nosso estudo teórico e nos exercícios deste capítulo. Aqui, só colocaremos os elementos estritamente necessários:



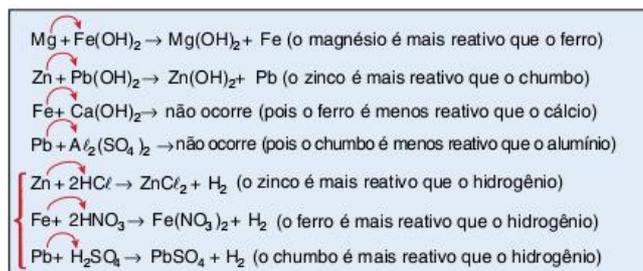
ATENÇÃO!

A reatividade do alumínio é muitas vezes mais baixa do que a fila de reatividade pode induzi-lo a imaginar, principalmente com água. Isso ocorre porque, nas condições ambientes e exposto ao ar, forma-se naturalmente uma finíssima e invisível camada de óxido de alumínio (Al_2O_3), que protege o alumínio de suas reações normais.

A ordem mostrada é a decrescente de eletropositividade e de reatividade. Portanto, os elementos da esquerda sempre deslocam os elementos da direita, solubilizando-se como cátions em solução aquosa. Aqui, duas observações importantes devem ser feitas, a saber:

- 1ª) Quanto mais distantes os elementos a serem trocados em uma reação química de deslocamento estiverem na fila de reatividade, mais espontânea será essa reação.
- 2ª) Os metais nobres estão representados por II na fila de reatividade e recebem esse nome porque, em condições ambientes, dificilmente reagem com ácidos ou, popularmente falando, não são “atacados” por eles. Isso porque esses metais não têm reatividade suficiente para deslocar o hidrogênio do ácido, como se vê na fila. Já os metais englobados na chave I são “atacados” pelos ácidos, pois deslocam o hidrogênio deles. Porém, os da extrema esquerda produzem reações violentas nesse caso. É por esse motivo que esses elementos são chamados de metais comuns.

Vejamos alguns exemplos de simples troca catiônica.

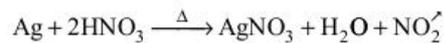
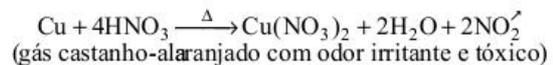
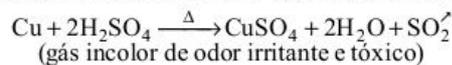


Nessas três últimas equações assinaladas, ocorrem reações particularmente importantes, como as de metais comuns com ácidos, em que sempre será produzido o gás hidrogênio. Essa reação pode ser esquematizada pela seguinte equação genérica: metal comum + ácido \rightarrow sal + gás hidrogênio

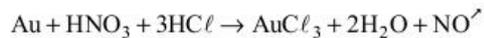
Das três reações assinaladas, que foram equacionadas anteriormente, a do zinco é a mais espontânea e rápida, por ele ser o mais reativo dentre os metais utilizados. Já com metais nobres, temos:

- $Au + HCl \rightarrow$ não ocorre
(pois o ouro é menos reativo que o hidrogênio)
- $Ag + H_3PO_4 \rightarrow$ não ocorre
(pois a prata é menos reativa que o hidrogênio)
- $Cu + HCN \rightarrow$ não ocorre
(pois o cobre é menos reativo que o hidrogênio)

Todavia, apesar de os metais nobres não serem atacados por ácidos em condições normais do cotidiano, na presença de ácidos com forte poder oxidante, como H_2SO_4 e HNO_3 , com um pouco de aquecimento, podem ocorrer reações com metais nobres, mas sem a produção de gás hidrogênio. Veja alguns exemplos.

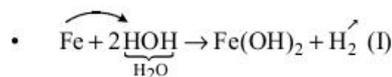


Note que, nesses casos, em vez da liberação de gás hidrogênio (H_2), ocorre, para o H_2SO_4 , a liberação de SO_2 ; e para o HNO_3 , a liberação de NO_2 . Um caso bastante especial é o da água-régia, uma mistura formada por uma parte de HNO_3 e três partes de HCl . Esses dois ácidos em conjunto têm um fortíssimo poder oxidante, capaz de reagir com o Au, o metal menos reativo de todos. Veja um exemplo do que ocorre em uma reação de ouro com água-régia através da seguinte equação.

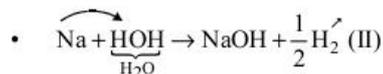


Essa é apenas uma das possíveis reações do ouro com a água-régia. Na realidade, essa é uma representação simplificada do processo, já que a melhor representação seria pela equação iônica. Todavia, ela nos dá uma boa ideia de como o ouro pode reagir com a água-régia, porém sem produzir gás hidrogênio (H_2).

Ainda vale lembrar as reações de simples troca catiônica entre metais comuns e água. Vejamos.



(O ferro é mais reativo que o hidrogênio)



(O sódio é mais reativo que o hidrogênio)

ATENÇÃO!

A água, em reações de deslocamento, é mais bem representada por HOH, o que facilita enormemente 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 desenho esquemático a seguir.

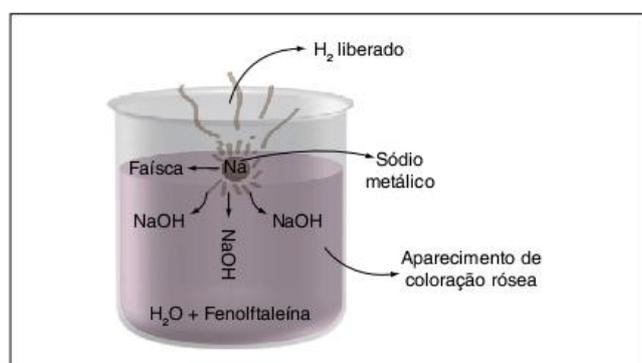


Fig. 4 Esquema prático da reação de Na com H_2O , mostrando a formação de base e a liberação de gás hidrogênio.

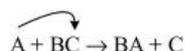
Se à solução da figura 4 forem adicionadas gotas de limão, a explosão é certa, com enorme possibilidade de quebra do copo de béquer. Isso ocorre porque há um aumento gigantesco da concentração de H^+ na solução, o que aumenta enormemente a velocidade da reação.

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.

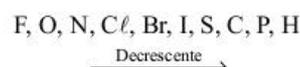
Reações de simples troca aniônica

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 disposto 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

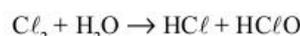
(Tab. III, página 115) mostra a capacidade de deslocamento aniônico. Quanto mais eletronegativo for o elemento A em relação ao elemento C, mais espontâneo será o deslocamento. Apesar de essas explicações elucidarem o porquê dos deslocamentos aniônicos, a ordem decrescente de reatividade dos ametais foi determinada experimentalmente, pelo mesmo método da simples troca catiônica. O resultado obtido foi:



Portanto, nesta fila de reatividade dos ametais, os elementos da esquerda deslocam os da direita, dissolvendo-se 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.

- $F_2 + 2HCl \rightarrow 2HF + Cl_2$
(O flúor é mais reativo que o cloro)
- $Cl_2 + 2HBr \rightarrow 2HCl + Br_2$
(O cloro é mais reativo que o bromo)
- $I_2 + HCl \rightarrow$ não ocorre
(O iodo é menos reativo que o cloro)
- $S + HI \rightarrow$ não ocorre
(O enxofre é menos reativo que o iodo)
- $Br_2 + H_2S \rightarrow 2HBr + S$
(O bromo é mais reativo que o enxofre)

Há, porém, uma reação importante que ocorre entre o cloro (Cl_2) e a água (H_2O) que foge da regra geral:

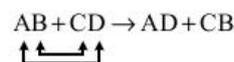


É através dessa reação que se faz o tratamento da água em estações de tratamento e em piscinas. O ácido hipocloroso formado tem forte ação bactericida e, com isso, faz a limpeza biológica da água.

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.

Esquematicamente, podemos representar essas reações através 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.

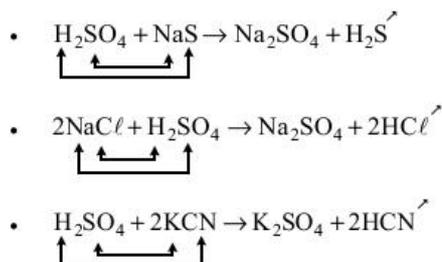
ATENÇÃO!

As três condições, cada uma delas suficiente por si só, para que ocorra uma reação de dupla-troca são:

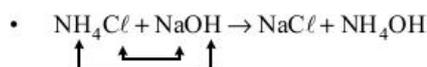
- formação de gás;
- formação de precipitado;
- formação de eletrólito mais fraco que os reagentes.

Vejamos os casos separadamente.

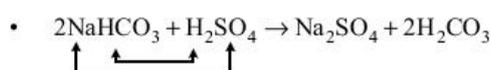
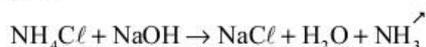
a) Formação de gás:



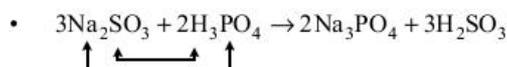
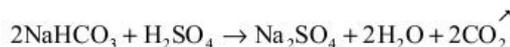
Esta última reação produz o gás da morte (HCN), utilizado nas câmaras de gás para punições de pena de morte, em estados norte-americanos.



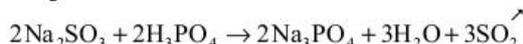
Quando aparecer NH_4OH nos produtos, converta-o em NH_3 e H_2O . Assim, a reação é corretamente equacionada da seguinte forma.



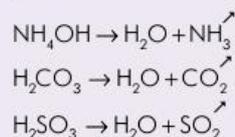
Quando aparecer o H_2CO_3 nos produtos, converta-o em H_2O e CO_2 . Portanto, temos:



Quando aparecer o H_2SO_3 nos produtos, converta-o em H_2O e SO_2 . Portanto:

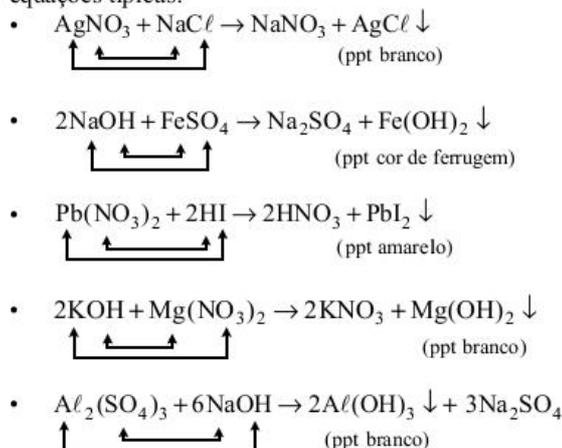


ATENÇÃO!



b) Formação de precipitado:

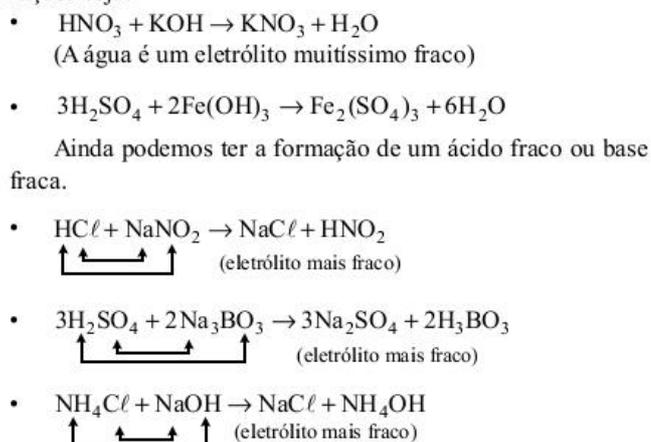
Para saber quais são as substâncias praticamente insolúveis em água, basta relembrar a solubilidade das bases e dos sais (capítulos 4 e 5 desta mesma frente, no livro 2). Vamos às equações típicas.



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.

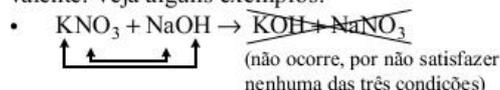
c) Formação de eletrólito mais fraco:

Nesse caso, estão incluídas as substâncias que reagem formando água, como, por exemplo, todas as reações de neutralização. Veja:

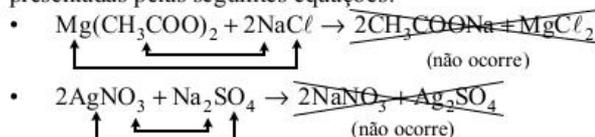


d) Casos que não ocorrem:

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 Explique em que consiste o fenômeno denominado chuva ácida. Na sua explicação devem constar as equações químicas que representam as reações envolvidas.

3 UFG Observe a tabela de conversões de energia a seguir.

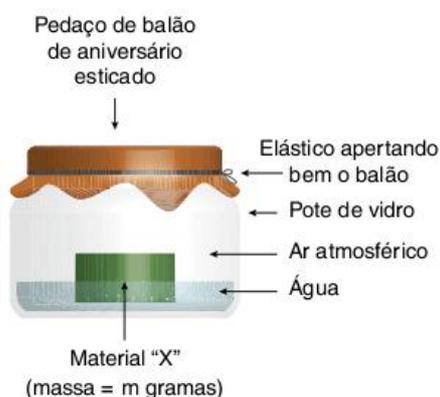
De/Para	Elétrica	Térmica	Mecânica	Química
Química	Bateria ou pilha	Digestão de alimentos	Músculo	Reações químicas
Elétrica	Transformador	Ferro de passar roupa	Ventilador	Galvanização
Mecânica	Gerador	Frenagem	Engrenagem	-

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 Puccamp (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:



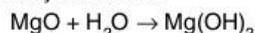
Conjunto	Material "X"
1	Esponja de aço
2	Palha de aço
3	Prego comum
4	Ferrugem

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?

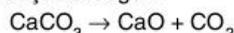
Exercícios propostos

Exercícios gerais: Reações inorgânicas

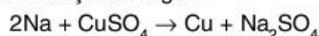
- 1 Classificar a reação adiante.



- 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.

- I. $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$
 II. $\text{CaO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

5 **FEI** 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

01. $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
 02. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{HCO}_3$
 03. $\text{NaCl} + \text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$
 04. $\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$

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 (d) 1 – I; 2 – III; 3 – II; 4 – IV
 (b) 1 – II; 2 – I; 3 – IV; 4 – III (e) 1 – III; 2 – IV; 3 – I; 4 – II
 (c) 1 – I; 2 – II; 3 – III; 4 – IV

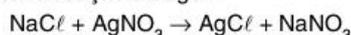
- 6 Classifique as reações a seguir em:

- I. $3\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2$
 II. $\text{KOH} + \text{HCN} \rightarrow \text{KCN} + \text{H}_2\text{O}$
 III. $3\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
 a) decomposição. c) simples troca.
 b) composição. d) dupla-troca.

- 7 Classifique as reações a seguir em:

- composição.
 – decomposição.
 – simples troca.
 – dupla-troca.
 a) $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
 b) $2\text{Na} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu} + \text{Na}_2\text{SO}_4$
 c) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NaCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$
 d) $3\text{H}_2 + 2\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow 6\text{HNO}_3 + 2\text{Al}$

- 8 Classificar a reação a seguir.



- 9 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$

Essa reação pode ser classificada como:

- (a) síntese. (c) dupla-troca. (e) decomposição.
 (b) simples troca. (d) análise.

10 A reação entre o carbonato de sódio e o ácido clorídrico é facilmente observável a olho nu devido ao desprendimento de um gás. Esse gás é resultado da decomposição de um dos produtos da referida reação. Analise as equações químicas representativas das reações citadas, classifique-as e dê o nome do gás desprendido na reação.

- I. $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{CO}_3$
 II. $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

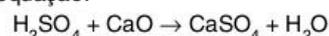
11 As equações adiante são, respectivamente, exemplos de reações de:

- $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$
 $2\text{NaI} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{I}_2$
 (a) análise e simples troca. (d) simples troca e síntese.
 (b) simples troca e dupla-troca. (e) síntese e dupla-troca.
 (c) análise e análise.

12 A “chuva ácida” é formada por causa da 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.

- I. $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ (dentro do motor)
 II. $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ (na atmosfera)
 III. $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} (\text{chuva}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

- 13 Dada a equação:



A reação representada pela equação acima é classificada como sendo de:

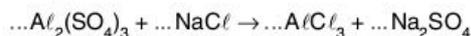
- (a) análise. (c) decomposição. (e) dupla-troca.
 (b) síntese. (d) simples troca.

14 Em relação às equações químicas a seguir, assinale a opção correta.

- I. $2\text{KClO}_3 \xrightarrow{\Delta} 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$
 II. $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} \text{MgSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
 III. $\text{Ca} + \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{Zn}$

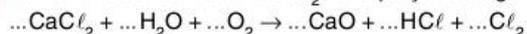
- (a) I representa uma reação de síntese do clorato de potássio.
 (b) I representa uma reação de decomposição do cloreto de potássio.
 (c) II representa uma reação de hidrólise de um sal.
 (d) II representa uma reação de oxirredução.
 (e) III representa, simultaneamente, uma reação de deslocamento e de oxirredução.

15 O menor coeficiente inteiro do cloreto de sódio (NaCl) na equação a seguir é:



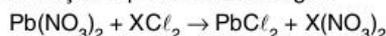
- (a) 2
- (b) 4
- (c) 6
- (d) 8
- (e) 1

16 O menor coeficiente do $CaCl_2$ na equação a seguir é:



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

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.

- a) Classifique essa reação.
- b) 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:

- I. pode ser obtido a partir de reservas que contêm carbono, tais como carvão ou gás natural;
 - II. 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 As equações seguintes representam transformações químicas em que o ácido sulfúrico é um dos participantes.

- I. $Mg_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$
- II. $2H^+_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$
- III. $Ca^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)} \rightarrow CaSO_{4(s)}$
- IV. $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O$

Representam, respectivamente, uma oxirredução e uma neutralização as equações:

- (a) III e IV.
- (b) II e III.

- (c) I e II.
- (d) I e III.
- (e) I e IV.

20 Classificar e fazer o balanceamento da equação:
 $\dots KBrO_3 \rightarrow \dots KBr + \dots O_2$

21 Mackenzie Reação de deslocamento simples, de cátion, é mostrada na equação:

- (a) $H_2SO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4 + 2H_2O$
- (b) $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$
- (c) $Cu + 2AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag$
- (d) $2KBrO_3 \rightarrow 3O_2 + 2KBr$
- (e) $2KBr + Cl_2 \rightarrow 2KCl + Br_2$

22 Mackenzie A equação de uma reação característica de neutralização é:

- (a) $HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + NO_3^-$
- (b) $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$
- (c) $Ba(OH)_{2(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Ba^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$
- (d) $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$
- (e) $2NaI + Cl_2 \rightarrow 2NaCl + I_2$

23 Mackenzie

- I. $2NO_2 \rightarrow N_2O_4$
- II. $(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow Cr_2O_3 + N_2 + 4H_2O$
- III. $Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$
- IV. $Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$

As reações I, II, III e IV, anteriormente 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.

24 Mackenzie A classificação das reações a seguir equacionadas é, respectivamente:

- I. $NH_4Cl_{(s)} + NaOH_{(s)} \rightarrow NaCl_{(s)} + NH_{3(g)} + H_2O_{(l)}$
 - II. $P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$
 - III. $3Cl_2 + 2AlBr_3 \rightarrow 2AlCl_3 + 3Br_2$
- (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.

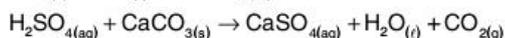
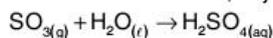
25 Mackenzie $1KBrO_3 \rightarrow 1KBr + yO_2$

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 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.

>> **Dica da questão 16:** O ideal é balancear pelo método de oxirredução.

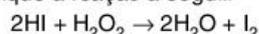
26 UTFPR As reações químicas a seguir representam a formação de chuvas ácidas, causadas pela presença de $\text{SO}_{3(g)}$ na atmosfera e o ataque do produto formado às fachadas e estátuas de mármore, cujo componente principal é o CaCO_3 .



Essas reações podem ser classificadas, respectivamente, como de:

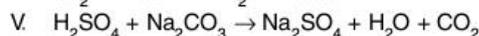
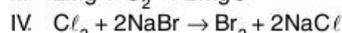
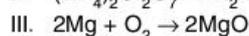
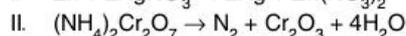
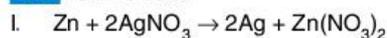
- análise e deslocamento.
- síntese e dupla-troca.
- deslocamento e dupla-troca.
- síntese e decomposição.
- análise e dupla-troca.

27 Uece Classifique a reação a seguir.



- Dupla-troca.
- Somente redução.
- Somente oxidação.
- Oxirredução.

28 Unirio Leia:



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 Da equação a seguir, é correto afirmar que:



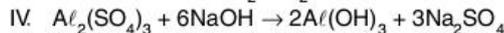
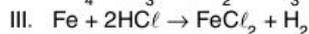
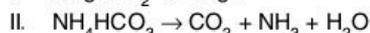
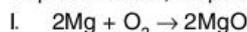
- no MnO_2 , o número de oxidação do oxigênio é igual a zero.
- não ocorre a formação de um gás.
- refere-se a uma reação de deslocamento.
- representa uma análise que ficará corretamente balanceada se x for igual a dois.
- representa uma reação importante, pois um de seus produtos é o manganês metálico.

30 FEI 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:

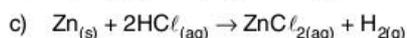
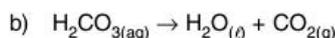
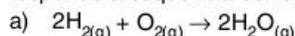


Assinale a alternativa que corresponde a reações de decomposição:

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

31 UTFPR As alterações da matéria podem ser divididas em transformações físicas e transformações químicas. As transformações físicas são aquelas em que a matéria não altera suas propriedades moleculares, como, por exemplo, evaporação da água. As transformações químicas são aquelas que promovem alteração de substâncias, como, por exemplo, queima de madeira. Essas transformações são chamadas de reações químicas que, de maneira geral, são classificadas em quatro tipos principais: análise ou decomposição, síntese, dupla-troca e simples troca.

Relacione as colunas a seguir e assinale a alternativa que corresponde à sequência correta.



- Reação de dupla-troca.
 Reação de síntese.
 Reação de simples troca.
 Reação de decomposição.

- a, b, c, d
- d, a, c, b
- d, c, b, a
- c, b, d, a
- c, a, d, b

32 Fatec Metais como ouro e platina, além de serem escassos na natureza, são mais valorizados economicamente que outros metais porque:

- são excelentes condutores da corrente elétrica.
- apresentam brilho.
- podem ser usados na fabricação de componentes eletrônicos.
- formam facilmente ligas com outros metais.
- têm pouca tendência a se oxidarem.

>> **Dica da questão 32:** Lembre-se de que platina é um metal nobre.

33 Puccamp Por lei, todos os estados brasileiros estão obrigados a adicionar 22% de álcool anidro à gasolina, a fim de diminuir a combustão incompleta. Dessa forma, reduz-se a produção do:

- óxido plúmbico.
- monóxido de mononitrogênio.
- dióxido de enxofre.
- monóxido de carbono.
- dióxido de carbono.

34 UFPE Associe cada equação a seguir ao tipo de reação adiante.

- ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_0^1\text{n}$
- $\text{NaOH} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$
- $2\text{Al}_{(s)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2\text{Al}^{3+}_{(aq)} + 3\text{H}_{2(g)} + 6\text{OH}^{-}_{(aq)}$
- $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HI} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHICH}_3$
- $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

- Adição
 Combustão
 Neutralização
 Oxidorredução
 Nuclear

Lendo-se corretamente a coluna do tipo de reação, de cima para baixo, obtém-se:

- 2, 1, 3, 5, 4.
- 5, 3, 1, 2, 4.
- 4, 5, 2, 3, 1.
- 5, 4, 3, 2, 1.
- 1, 5, 2, 3, 4.

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 Fuvest A dureza da água, causada pela presença dos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} , é removida pelo tratamento com carbonato de sódio e óxido de cálcio (CaO), que precipitam o carbonato de cálcio e o hidróxido de magnésio.

Escreva as equações balanceadas que representam os processos citados.

37 Vunesp Um processo de gravação em vidro envolve a ação corrosiva do ácido fluorídrico. O ácido fluorídrico, em solução aquosa, reage com o dióxido de silício da superfície do vidro, originando tetrafluoreto de silício gasoso e água.

Escreva a equação química balanceada da reação que ocorre no processo de gravação em vidro, indicando os estados físicos dos reagentes e produtos.

38 UEPG 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.

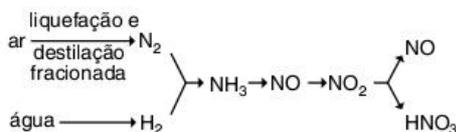
- A prata não reage com o HCl .
- O nitrato de prata reage com o HCl formando o AgCl .
- A reação entre o HCl e o hidróxido de sódio é de neutralização.
- A reação entre o zinco e o HCl , classificada como de simples troca ou deslocamento, ocorre com a liberação de H_2 .
- A liberação de CO_2 , após a reação do HCl com o carbonato de sódio, ocorre pela decomposição do ácido carbônico formado nessa reação.

Soma =

39 Mackenzie Dentre as equações a seguir, a única que representa uma síntese é:

- $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{descarga elétrica} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- $\text{NaBr} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgBr} + \text{NaNO}_3$
- $\text{Hg}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} 2\text{Hg} + \frac{1}{2}\text{O}_2$
- $2\text{NaI} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{I}_2$
- $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

40 Fuvest 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:

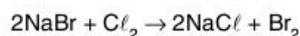
- redução, oxidação e desproporcionamento.
- eletrólise, redução e desproporcionamento.
- desproporcionamento, combustão e hidratação.
- hidratação, combustão e oxidação.
- redução, hidratação e combustão.

Obs.: desproporcionamento = oxidação e redução simultânea do mesmo elemento em uma dada substância.

>> **Dica da questão 33:** Combustão incompleta produz C e CO.

Dica da questão 37: A equação do problema foi ditada no próprio enunciado da questão.

41 Mackenzie Da equação:



conclui-se que:

- (a) o bromo é mais reativo que o cloro.
- (b) ocorre uma reação de dupla-troca.
- (c) o cloro é mais reativo que o bromo, deslocando-o.
- (d) o sódio é mais eletronegativo que o cloro.
- (e) a molécula de bromo é monoatômica.

42 Fuvest 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?

43 Puccamp Qual dos seguintes combustíveis não liberará, pela combustão, substâncias nocivas à saúde do homem?

- (a) Gasolina.
- (b) Gás natural.
- (c) Querosene.
- (d) Hidrogênio.
- (e) Etanol.

44 ITA Em uma experiência, realizada em laboratório a 25°C e 1atm, 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.

- I. Houve a formação de um precipitado branco.
- II. Houve um leve aumento na temperatura da mistura.
- III. A fase líquida tingiu-se de cor-de-rosa.
- IV. Houve liberação de bolhas de gás.

Estão corretas:

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

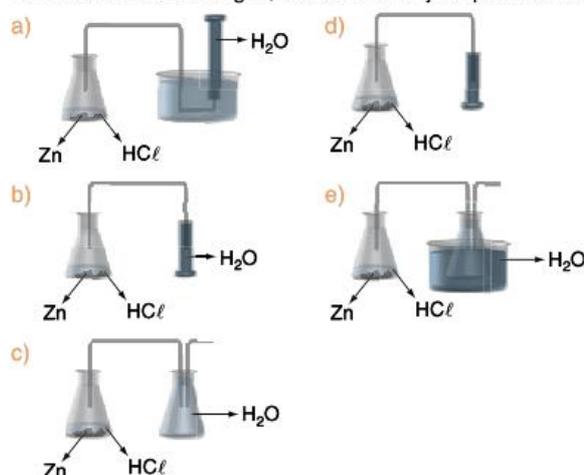
45 Enem A água do mar pode ser fonte de materiais utilizados pelo ser humano, como os exemplificados no esquema a seguir.



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:

- (a) água sanitária - II; fermento em pó - III; solução fisiológica - IV
- (b) água sanitária - III; fermento em pó - I; solução fisiológica - IV
- (c) água sanitária - III; fermento em pó - IV; solução fisiológica - I
- (d) água sanitária - II; fermento em pó - III; solução fisiológica - I
- (e) água sanitária - I; fermento em pó - IV; solução fisiológica - III

46 Fuvest 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 Fuvest Para distinguir uma solução aquosa de ácido sulfúrico de outra de ácido clorídrico, basta adicionar a cada uma delas:

- (a) um pouco de solução aquosa de hidróxido de sódio.
- (b) um pouco de solução aquosa de nitrato de bário.
- (c) raspas de magnésio.
- (d) uma porção de carbonato de sódio.
- (e) gotas de fenolftaleína.

>> **Dica da questão 42:** O cobre quando aquecido ao ar é queimado, produzindo, em geral, CuO , que é preto.

Dica da questão 43: O H_2 , quando queimado, produz unicamente H_2O .

Dica da questão 44: O magnésio, nas condições do problema, não reage com a água. Todavia, a reação deve ser considerada para a resolução da questão.

Dica da questão 46: Se o gás produzido for pouco denso (de baixa massa molecular), deve ser recolhido em um tubo de cabeça para baixo.

48 UFU Observe as equações a seguir.

- I. $2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$
II. $2NO_2 \rightarrow N_2O_4$
III. $Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$
IV. $2Mg + 2AgNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + 2Ag$

Assinale a alternativa que representa, respectivamente, a sequência das reações de síntese, análise, simples troca e dupla-troca:

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

49 UEL Gipsita ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) pode ser diferenciada de calcita ($CaCO_3$) pela observação do que acontece quando, sobre amostras desses minerais, é gotejada a solução conhecida como:

- (a) tintura de iodo.
(b) água sanitária.
(c) salmoura.
(d) água de cal.
(e) ácido muriático.

50 PUC-Minas Qual das reações a seguir não é uma reação de neutralização?

- (a) $KOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow KCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
(b) $NH_3(g) + HCl_{(g)} \rightarrow NH_4Cl_{(s)}$
(c) $Ca(OH)_{2(aq)} + 2HF_{(aq)} \rightarrow CaF_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$
(d) $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O_{(g)}$

51 Mackenzie 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 carvão 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 carvão 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 reage.

Das afirmações feitas, são corretas:

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

53 Uece Além de obedecer às leis ponderais, as reações químicas ainda necessitam atender determinadas condições. A partir dessas considerações, assinale o correto.

- (a) Os ácidos sempre reagem com metais produzindo sal e liberando hidrogênio gasoso.
(b) Ao reagir com o carbonato de cálcio, o ácido clorídrico produz, ao final, gás carbônico e água.
(c) Só ocorrerá reação de síntese se juntarmos substâncias simples.
(d) Em todas as reações de análise ocorre oxirredução.

54 Fatec A combustão do gás hidrogênio pode ser representada pela equação:

- (a) $H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$
(b) $2H_{2(g)} + C_{(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$
(c) $2H_{(g)} + O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$
(d) $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$
(e) $H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{2(g)}$

55 Fuvest 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 Pode-se produzir metanol a partir de uma reserva natural (X), conforme o esquema seguinte.



Em tal esquema, X e Y devem ser, respectivamente:

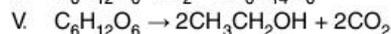
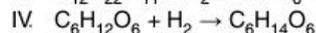
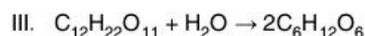
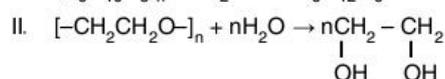
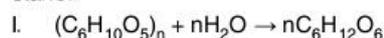
- (a) metano e oxigênio.
(b) carvão e hidrogênio.
(c) celulose e gás carbônico.
(d) calcário e soda cáustica.
(e) sacarose e etanol.

>> **Dica da questão 49:** Sulfatos são diferenciados de carbonatos pela adição de ácido, já que em sulfatos não há liberação de gás e em carbonatos é liberado o CO_2 .

57 Fuvest 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.



Dado: $C_6H_{12}O_6$ = glicose ou frutose.

Dentre as reações químicas dadas, as que representam as transformações químicas citadas são:

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

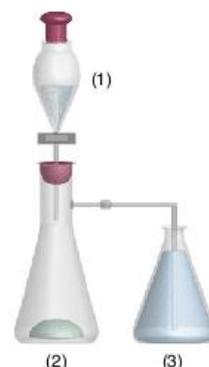
58 CPS Numa das cenas de *Cinema Paradiso*, filme de Giuseppe Tornatore, um incêndio na sala de projeção ocorre quando o filme enrosca, aquece e se inflama, pois a película era constituída de material orgânico altamente inflamável. Esse tipo de material cinematográfico não é mais comum nas projeções 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.

- Estocar em locais bem ventilados.
- Ao sentir cheiro, não riscar fósforos nem acender a luz.
- Mantê-los longe de fontes de calor e do alcance de crianças.
- Fazer o descarte na pia em água corrente.

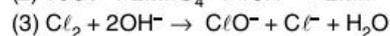
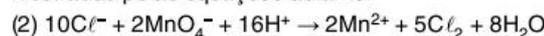
As recomendações associadas aos produtos inflamáveis são as que se afirmam em:

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

59 UFV 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) contém, 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 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.
- Ao ser adicionado 0,1 mol de HCl ao frasco (2), serão consumidos $2 \cdot 10^{-2}$ mols de $KMnO_4$.
- O número de moles de $NaOH$ não varia com o decorrer da reação.
- O número de oxidação do manganês no MnO_4^- é -1 .
- 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.

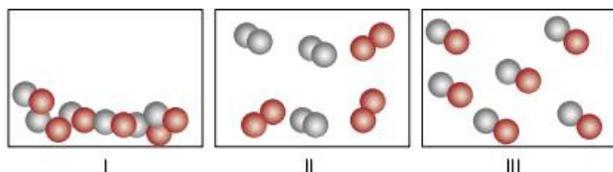
Do ponto de vista do método científico, esta frase traduz a relevância que Lavoisier atribuiu a:

- teorias.
- modelos.
- hipóteses.
- experimentos.

61 PUC-Minas Não representa um fenômeno químico:

- precipitação da chuva.
- fermentação da massa na fabricação de pães.
- dissolução de um comprimido efervescente em água.
- 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 passagem de I para II representa uma transformação química.
- A passagem de I para III representa uma mudança de estado.
- Os recipientes II e III contêm compostos diferentes.
- 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:

- a evaporação de um ou mais de seus componentes;
- a decomposição e conseqüente diminuição da quantidade do composto que constitui o princípio ativo;
- 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:

- física, física e química.
- física, química e química.
- química, física e física.
- química, física e química.
- 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:

- exotérmico – interiônico
- exotérmico – internuclear
- isotérmico – interatômico
- 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?

- Decomposição da matéria orgânica.
- Evaporação das águas de um lago.
- Chuva.
- Orvalho.
- Erosão.

66 Cefet-MG Não é considerada uma reação química a:

- formação de neve.
- digestão de alimentos.
- conversão do vinho em vinagre.
- dissolução de um comprimido efervescente em água.

67 Cefet-MG Não ocorre transformação química no seguinte fenômeno:

- cozimento de um ovo em forno de micro-ondas.
- efervescência de um refrigerante quando aberto e agitado.
- escurecimento de uma salada de frutas em contato com o ar.
- formação de coalhada num copo de leite mantido fora da geladeira.

68 PUC-Minas Considere os fatos representados a seguir.

- Um pedaço de isopor flutuando na água.
- O açúcar se tornando caramelo quando aquecido acima do seu ponto de fusão.
- O ferro dissolvendo em ácido clorídrico com liberação de gás.
- Um sal se dissolvendo quando colocado em um copo com água quente.
- Um prego sendo atraído por um ímã.

São fenômenos químicos:

- 3 e 4.
- 1, 3 e 5.
- 2 e 3.
- 2 e 4.

69 PUC-Minas Considere os experimentos equacionados:

- água $\xrightarrow{\text{corrente elétrica}}$ gás hidrogênio + gás oxigênio
- gelo $\xrightarrow{\text{calor}}$ água líquida
- papel $\xrightarrow{\text{fogo}}$ gás carbônico + água
- iodo_(s) $\xrightarrow{\text{calor}}$ iodo_(g)
- vinho \longrightarrow vinagre
- barra de ferro \longrightarrow ferrugem

Assinale os experimentos que representam fenômenos químicos.

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

70 UFU Analise os processos a seguir. Marque aquele que não representa uma transformação química.

- Oxidação de ferramenta.
- Queimada da floresta.
- Evaporação do álcool.
- Digestão de sanduíche.

71 Uece Com relação aos aparelhos de laboratório, faça a associação adequada da coluna 1 com a coluna 2, em que são listados seus usos mais frequentes na separação de componentes de mistura.

Coluna 1

1. Proveta
2. Bureta
3. Pipeta volumétrica

Coluna 2

- I. Medidas precisas de volumes fixos de líquidos.
- II. Medidas aproximadas de volumes de líquidos.
- III. Medidas volumétricas precisas de líquidos.

Marque a sequência correta, de cima para baixo.

- (a) 1–II; 2–III; 3–I.
- (b) 1–I; 2–III; 3–II.
- (c) 1–I; 2–II; 3–III.
- (d) 1–II; 2–I; 3–III.

72 CPS 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 Não envolve reação química o fenômeno da(o):

- (a) queima de um fósforo.
- (b) precipitação da chuva.
- (c) caramelização do açúcar.
- (d) enferrujamento de uma calha.

74 Uece Sobre o equipamento da figura a seguir, assinale o correto.



- (a) É usado para separar líquidos imiscíveis de densidades diferentes.
- (b) É constituído de funil de Büchner, erlenmeyer e trompa de água.
- (c) O funil apresenta furos que dispensam a utilização do papel de filtro.
- (d) É adequado para reduzir a pressão interna, apressando a separação dos componentes da mistura.

75 Cefet-SC Considere as seguintes situações.

- I. Acetona derramada sobre a pele.
- II. Fermentação da massa na fabricação de pães.
- III. Cozimento de um ovo.
- IV. Destilação fracionada do petróleo.
- V. Dissolução de cloreto de sódio em água.

São fenômenos químicos:

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

76 Cefet-MG Considere os seguintes fenômenos:

- decomposição da água oxigenada.
- formação de ferrugem.
- obtenção do sal a partir da água do mar.
- mistura do álcool na gasolina.

O número de fenômenos químicos citados acima é igual a:

- (a) 1
- (b) 2
- (c) 3
- (d) 4

77 CCampos Dos procedimentos enunciados a seguir, o mais indicado quando se quer distinguir entre uma porção de água destilada e uma solução de água salgada, sem levar à boca, é:

- (a) filtrar os líquidos.
- (b) observar as diferentes colorações.
- (c) medir a condutividade elétrica.
- (d) usar papel de tornassol.
- (e) decantar os líquidos.

78 CCampos Transformações físicas ocorridas na matéria por mudanças de suas propriedades físicas, como temperatura e pressão, podem trazer grandes proveitos para a humanidade. Qual dentre as transformações citadas a seguir não é física?

- (a) Produção do gelo.
- (b) Separação do oxigênio do ar atmosférico.
- (c) Separação do sal da água do mar.
- (d) Obtenção do hidrogênio da água.
- (e) Preparação do café.

Como funciona o alumínio

Introdução

[...]

Mesmo depois de sua descoberta, o alumínio parecia fadado à obscuridade. Os químicos só conseguiam isolar alguns poucos miligramas do metal a cada vez, e ele era tão raro que, como o ouro e a prata, era visto como metal semiprecioso. De fato, em 1884, a produção total de alumínio dos EUA foi de apenas 57 quilos [fonte: Alcoa]. Foi então que, em 1886, o norte-americano Charles Martin Hall e o francês Paul L. T. Heroult, trabalhando independentemente, desenvolveram um método para extrair alumínio do óxido de alumínio. O processo, uma forma de redução eletrolítica, requeria imenso volume de energia elétrica, mas produzia largas quantidades do metal prateado. Em 1891, a produção de alumínio já passava das 272 toneladas [fonte: Alcoa]. E o metal começou a encontrar mercado em diversos produtos, como painéis, lâmpadas, linhas elétricas, carros e motocicletas.

Hoje, passado mais de um século, o alumínio tornou-se um símbolo de onipresença. Os Estados Unidos produzem mais de 5,1 milhões de toneladas do metal ao ano [fonte: Instituto Internacional de Alumínio]. E boa parte é usado para produzir latas de cerveja e refrigerantes – à razão de 300 milhões de latas de bebidas de alumínio a cada dia ou 100 bilhões por ano [fonte: Instituto de Fabricantes de Latas]. Nada mal para um elemento que passou despercebido por tanto tempo.

[...]

Fatos básicos sobre o alumínio

[...]

- Ponto de derretimento: 660 °C (933 graus K)
- Ponto de ebulição: 2.519 °C (2.792 graus K)
- Densidade: 2,7 g/cm³
- Alta refletividade
- Não magnético
- Não emite faíscas
- Resistente à corrosão

Essas duas últimas propriedades tornam o alumínio especialmente útil. Sua resistência à corrosão se deve a reações químicas que acontecem entre o metal e o oxigênio. Quando o alumínio reage com o oxigênio, uma camada de óxido de alumínio se forma do lado de fora do metal. Essa fina camada protege o alumínio subjacente contra os efeitos corrosivos do oxigênio, da água e de outros produtos químicos. Como resultado, o alumínio é especialmente valioso para uso a céu aberto. E tampouco produz faíscas quando sofre impactos, o que significa que ele pode ser empregado perto de materiais inflamáveis ou explosivos.

O alumínio existe na natureza em forma de diversos compostos. Para tirar vantagem de suas propriedades, ele deve ser separado dos demais elementos que combinam com ele — um processo longo e complexo que começa com um material duro como pedra chamado **bauxita**.

Depois de passar por esse processo, o metal em forma pura é muito macio e tem peso leve. Ocasionalmente é desejável alterar essas propriedades – para produzir alumínio mais duro e forte, por exemplo. Com esse objetivo, os metalúrgicos o combinaram com outros elementos metálicos, o que formou as chamadas ligas. O alumínio em geral é usado em ligas que envolvem cobre, magnésio e manganês. Cobre e magnésio reforçam o alumínio e o manganês o torna mais resistente à corrosão.

Minerando e refinando o alumínio

O alumínio não é encontrado na natureza como elemento puro. Ele apresenta reatividade química relativamente alta, o que significa que tende a se combinar a outros elementos e formar compostos. Mais de 270 minerais nas rochas e nos solos da Terra abrigam compostos de alumínio. Isso o torna o metal mais abundante e o terceiro elemento mais encontrado na crosta terrestre, ficando atrás do silício e do oxigênio. O quarto metal mais comum é o ferro, seguido por magnésio, titânio e manganês.

A fonte primária do alumínio é um **minério** chamado **bauxita**. Um minério é qualquer sólido de ocorrência natural do qual se possa obter metal ou mineral valioso. No caso, o material sólido é mistura de alumínio sólido hidratado e de óxido de ferro hidratado. "Hidratado" é uma referência às moléculas de água que se apegam quimicamente aos dois compostos. A fórmula química do óxido de alumínio é Al_2O_3 e a do óxido de ferro é Fe_2O_3 .

[...]

O primeiro passo na produção comercial de alumínio é a separação do óxido de alumínio do óxido de ferro na bauxita. Isso é realizado por meio de uma técnica desenvolvida por Karl Joseph Bayer, um químico austríaco, em 1888. O **processo Bayer** envolve misturar bauxita com soda cáustica (hidróxido de sódio) e aquecer a mistura sob pressão. O hidróxido de sódio dissolve o óxido de alumínio e forma aluminato de sódio. O óxido de ferro se mantém em estado sólido e é separado por filtração. Por fim, o hidróxido de alumínio introduzido no aluminato de sódio líquido causa a **precipitação** do óxido de alumínio, ou seja, faz com que ele saia da solução em forma sólida. Esses cristais são lavados e aquecidos para eliminar a água. O resultado é óxido de alumínio puro, um pó branco fino também conhecido como **alumina**.

A alumina é um material útil por direito próprio. Sua dureza a torna útil como abrasivo e como componente para ferramentas de corte. Também pode ser usada para purificar água e fazer cerâmicas e outros materiais de construção. Mas seu uso primário é como ponto de partida para a extração de alumínio puro. [...]

Fundição de alumínio

Transformar alumina – óxido de alumínio – em alumínio representou um marco importante da Revolução Industrial. Até que as modernas técnicas de fundição evoluíssem, apenas quantidades pequenas de alumínio podiam ser obtidas. A maioria dos processos

iniciais dependia de deslocar o alumínio por meio de metais mais reativos, mas isso torna a produção dispendiosa e complicada. Tudo mudou em 1886 – o ano em que dois químicos que aspiravam se tornar industriais desenvolveram um processo de fusão que tinha por base a eletrólise.

[...]

Sir Humphry Davy, o químico britânico a quem é atribuído o nome do alumínio, tentou sem sucesso produzir o metal por eletrólise no começo do século XIX. O professor e químico amador francês Henri Saint-Claire Deville também tentou e saiu derrotado. Mas em fevereiro de 1886, depois de diversos anos de experiências, o norte-americano Charles Martin Hall desenvolveu a fórmula correta: fazer com que uma corrente direta atravessasse uma solução de alumina dissolvida em criolita derretida ou fluoreto de alumínio e sódio (Na_3AlF_6). Até 1987, a **criolita** era minerada em depósitos localizados na costa oeste da Groenlândia. Hoje, os químicos sintetizam o composto com base em fluoreto mineral, muito mais comum.

As etapas na fundição de alumínio são descritas abaixo:

1. A alumina é dissolvida em criolita derretida a mil graus Celsius. A temperatura pode parecer extraordinariamente alta até que você se recorde de que o ponto de derretimento da alumina pura é de 2.054 °C. Acrescentar criolita permite que a eletrólise ocorra a temperatura muito menor.
2. O eletrólito é colocado em uma vasilha de ferro revestida de grafite. A vasilha serve como catodo.
3. Anodos de carbono são inseridos no eletrólito.
4. Uma corrente elétrica passa pelo material derretido.
5. No catodo, a eletrólise reduz os íons de alumínio a alumínio em forma metálica. A reação geral é:

$$2\text{Al}^{3+} + 3\text{C} \rightarrow 2\text{Al} + 3\text{CO}_2$$
6. O alumínio metálico derretido cai ao fundo da vasilha e é drenado periodicamente por um ralo.

O processo de fundição de alumínio desenvolvido por Hall resultava em largas quantidades de alumínio puro. O metal subitamente deixou de ser raro. A ideia de produzir alumínio por redução eletrolítica não era nova. Um francês chamado Paul L.T. Heroult teve a mesma ideia meses depois. Mas, em 1889, foi Hall que recebeu a patente pelo processo, um ano depois que fundou a *Pittsburgh Reduction Company*, que mais tarde se transformaria na *Aluminum Company of America* – ou Alcoa. Em 1891, a produção de alumínio já superava as 272 toneladas anuais. [fonte: Alcoa].

[...]

Uso e reciclagem do alumínio

Devido à sua versatilidade, o alumínio se presta a numerosas aplicações. De fato, ele é o segundo mais usado entre os metais, perde apenas para o aço, e a produção primária anual atingiu os 22,5 milhões de toneladas em 2007 [fonte: Instituto Internacional de Alumínio]. Boa parte dessa produção é utilizada para os 187 bilhões de latas de alumínio que são fabricados anualmente em todo o mundo [fonte: Novelis]. A indústria automobilística é o mercado de maior crescimento para o alumínio. Produzir componentes de automóveis com o metal — de rodas a cabeçotes,

pistões e radiadores — torna um carro mais leve, reduz o consumo de combustível e os níveis de poluição. De acordo com algumas estimativas, um carro que incorpore 150 quilos de alumínio reduz seu consumo de combustível em um litro a cada 100 quilômetros.

[fonte: Autoparts Report]

[...]

Surpreendentemente, a maior parte do alumínio que já foi produzido continua em uso ainda hoje. Isso acontece porque o metal pode ser reciclado repetidamente sem perder a qualidade. A maior parte que termina reciclada vem de uma entre três fontes: latas de bebidas usadas, componentes de velhos automóveis e aparas recolhidas durante a fabricação de produtos de alumínio [fonte: World Book]. A reciclagem de latas de alumínio é um dos grandes sucessos do movimento moderno da sustentabilidade [...]. O primeiro programa nacional de reciclagem de latas foi iniciado em 1968, e hoje cerca de 66 bilhões de latas são recicladas a cada ano apenas nos Estados Unidos [fonte: Alcoa].

[...]

O futuro do alumínio

A produção primária de alumínio requer imensa energia. Também resulta em gases causadores do efeito estufa, que afetam o aquecimento global. De acordo com o Instituto Internacional de Alumínio, a fabricação de novos estoques do metal libera 1% das emissões de gases responsáveis pelo efeito estufa de origem humana. Uma das principais prioridades do setor é reduzir essas emissões por meio de medidas de limitação, reciclagem ampliada e o uso de alumínio em veículos, aviões, embarcações e trens. De fato, o uso de componentes leves de alumínio em veículos é um dos avanços mais significativos no projeto e fabricação de automóveis. Cada quilo de material mais pesado substituído por alumínio resulta em 22 quilos a menos de emissões de dióxido de carbono ao longo do ciclo de vida do veículo.

[fonte: Instituto Internacional de Alumínio].

Outra aplicação promissora é o uso do alumínio em carros movidos por células combustíveis. Pesquisadores da Universidade Purdue descobriram recentemente que o alumínio pode ser usado para produzir hidrogênio combustível de forma eficiente. O processo começa com grãos de alumínio, que são misturados a gálio em forma líquida para produzir alumínio-gálio. Quando a água é adicionada, o metal reage com o oxigênio e forma um gel. O processo também produz gás hidrogênio, que pode ser recolhido e usado para alimentar uma célula combustível.

Inovações como essas ampliarão a demanda por alumínio. E mesmo que o metal seja relativamente novo, ele é um dos mais importantes na história da civilização humana. Quando os arqueólogos e antropólogos do amanhã refletirem sobre a sociedade dos séculos XIX, XX e XXI, podem dar ao período o nome de Idade do Alumínio, colocando-o ao lado das idades da Pedra, Bronze e Ferro como um dos mais significativos períodos no desenvolvimento cultural humano.

William Harris. HowStuffWorks Brasil. (Trad.).

Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/aluminio.htm>>.

O aço

No atual estágio de desenvolvimento da sociedade, é impossível imaginar o mundo sem o uso do aço. A produção de aço é um forte indicador do estágio de desenvolvimento econômico de um país. Seu consumo cresce proporcionalmente à construção de edifícios, execução de obras públicas, instalação de meios de comunicação e produção de equipamentos.

Esses materiais já se tornaram corriqueiros no cotidiano, mas fabricá-los exige técnica que deve ser renovada de forma cíclica, por isso o investimento constante das siderúrgicas em pesquisa. O início e o processo de aperfeiçoamento do uso do ferro representaram grandes desafios e conquistas para a humanidade.

Processo siderúrgico

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 1.500° 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.

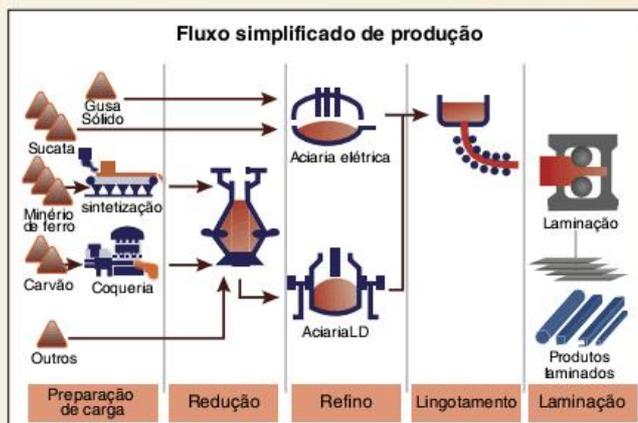
Com a evolução da tecnologia, as fases de redução, refino e laminação estão sendo reduzidas no tempo, assegurando maior velocidade na produção.

[...]

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 1.000 °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 semiacabados, lingotes e blocos.
4. Laminação
 - Os semiacabados, 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.

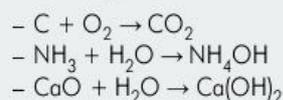
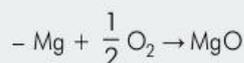
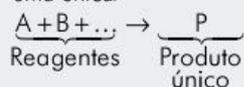


Instituto Aço Brasil. Disponível em: <www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/index.asp>.

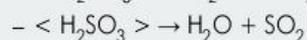
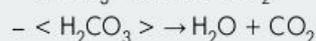
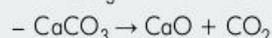
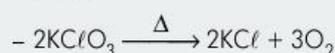
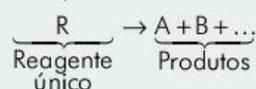
RESUMINDO

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

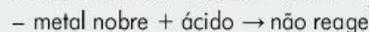


A deve ser mais reativo que B para que ocorra a reação.

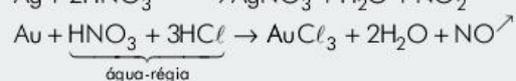
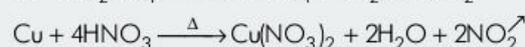
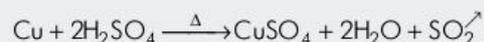
Fila de reatividade dos metais:

Cs	K	Ba	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Sn	Pb	H	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
Metais comuns											Metais nobres					

Em geral:

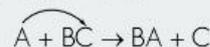


Casos especiais



Metais alcalinos e alcalinoterrosos reagem com água, podendo resultar em explosões devido à liberação de H_2 .

- Reações de simples troca aniônica



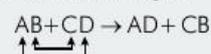
A deve ser mais reativo que C para que ocorra a reação.

Fila de reatividade dos ametais:

F	O	N	Cl	Br	I	S	C	P	H

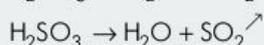
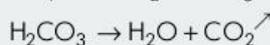
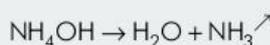
Reações de dupla-troca

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 Mg(OH)_2 .

– solubilidade dos sais em água.

Ânion	Solubilidade	Exceções
CH_3COO^- , ClO_3^- , NO_3^-	solúveis	Ag⁺, Hg²⁺, Pb²⁺
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?



SITES

- A produção do aço
<www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/processo--fluxo.asp>
- O uso do alumínio
<www.youtube.com/watch?v=4Zs0jVD7GFw>
- Água-régia dissolvendo ouro
<www.youtube.com/watch?v=iwnKU89CCdl>

Exercícios complementares

Reações inorgânicas

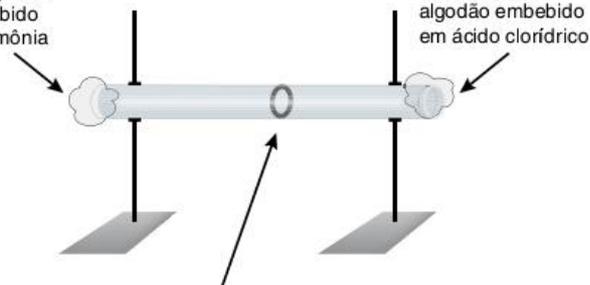
Texto para a questão 1.

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

Chumaço de algodão embebido em amônia



Anel de cloreto de amônio: produto sólido formado pela reação entre vapores de NH_3 e HCl

Wildson L. Santos et al (Coord.). *Química e sociedade*. São Paulo. Nova Geração, 2003. (Adapt.).

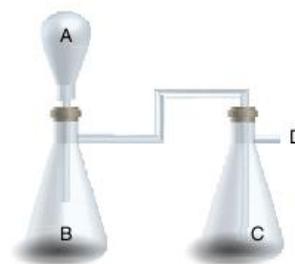
Admita que a reação entre os vapores das substâncias contidas nos dois chumaços de algodão ocorra em meio aquoso, formando dois produtos.

A alternativa que indica o tipo de reação ocorrida e as funções químicas correspondentes aos produtos formados é:

- (a) dupla-troca; sal – hidróxido
- (b) redução; ácido – hidróxido

- (c) neutralização; sal – óxido
- (d) oxidação; óxido – ácido

2 Fuvest 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.



- a) Que substâncias devem estar contidas em A e em B?
- b) Escreva a equação da reação que ocorre em B quando há produção de hidrogênio.
- c) Qual das substâncias a seguir é adequada para ser colocada no recipiente C? Justifique.
Água destilada
Benzeno puro
Glicerina comercial
Ácido sulfúrico concentrado

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 (SO_2) e óxidos de nitrogênio (NO , NO_2 e N_2O_3).

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.

>> **Dica da questão 2:** O H_2SO_4 é um fortíssimo agente desidratante.

- As chuvas ácidas não exercem ação em terrenos compactos ricos em CaCO_3 .
- As chuvas ácidas podem ser formadas também pelo contato dos óxidos de enxofre e nitrogênio com a própria água da chuva.

4 CPS 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.

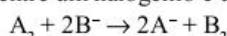
A partir dessas considerações e dos conhecimentos científicos, analise as seguintes afirmações.

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

5 A equação a seguir representa, de forma genérica, a reação de oxirredução entre um halogênio e um haletto.



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 CHCl_3 nos tubos e observada a cor da fase orgânica. Os resultados são apresentados a seguir.

$\text{A}_2 \backslash \text{B}^-$	Cl_2	Br_2	I_2
Cl^-	incolor	castanho	violeta
Br^-	castanho	castanho	violeta
I^-	violeta	violeta	violeta

Informação – cor dos halogênios em CHCl_3 :

Cl_2 = incolor Br_2 = castanho I_2 = violeta

Essa experiência evidencia que o poder oxidante dos três halogênios decresce na ordem:

- (a) $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$
- (b) $\text{Br}_2 > \text{I}_2 > \text{Cl}_2$
- (c) $\text{I}_2 > \text{Br}_2 > \text{Cl}_2$
- (d) $\text{Cl}_2 > \text{I}_2 > \text{Br}_2$
- (e) $\text{I}_2 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2$

6 Fuvest Entidades ligadas à preservação ambiental têm exercido fortes pressões para a redução da produção de gases CFC (clorofluorcarbonos). Isto se deve principalmente ao fato de os CFC:

- (a) reagirem com H_2O , produzindo ácidos e chuva ácida.
- (b) reagirem espontaneamente com O_2 , produzindo CO_2 e agravando o efeito estufa.
- (c) escaparem para o espaço, provocando o fenômeno da inversão térmica.
- (d) reagirem com oxigênio a baixas pressões, produzindo ozônio.
- (e) produzirem sob a ação da luz radicais livres, que reagem com o ozônio.

7 Unicamp 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 (KBrO_3) proporciona um aumento do volume do produto final. Nesse caso, pode-se considerar simplesmente que o KBrO_3 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.

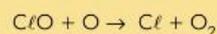
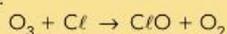
Do ponto de vista químico, essa frase é verdadeira? Justifique.

Texto para a questão 8.

Os óxidos de silício, que compreendem mais de 90% da crosta terrestre, dependendo da proporção de oxigênio e silício, podem ter as mais diversas aplicações. Os silicões são usados como lubrificantes; o amianto é um isolante térmico; as zeólitas (aluminossilicatos) são empregadas como catalisadores, agentes secantes, abrandadores da dureza da água etc.

As equações a seguir representam transformações químicas, envolvendo dióxido de silício e aluminossilicatos.

>> Dica da questão 6: Não é propriamente o CFC o destruidor da camada de ozônio, mas o radical livre cloro que sai dele pela ação de raios ultravioleta, através das equações:



- I. $2KAlSi_3O_8(s) + 2H_2O(l) + CO_2(g) \rightarrow K_2CO_3(aq) + Al_2Si_2O_5(OH)_4(s) + 4SiO_2(s)$
 II. $SiCl_4(l) + 2H_2O(l) \rightarrow SiO_2(s) + 4HCl(aq)$
 III. $CaO(s) + SiO_2(s) \rightarrow CaSiO_3(l)$
 IV. $Si(s) + 2H_2O(l) \rightarrow SiO_2(s) + 2H_2(g)$

8 UFPA As reações representadas pelas equações II, III e IV são classificadas, respectivamente, como:

- (a) dupla substituição, adição e deslocamento.
 (b) dupla-troca, deslocamento e síntese.
 (c) substituição, síntese e dupla-troca.
 (d) substituição, síntese e adição.
 (e) simples troca, deslocamento e substituição.

9 Fuvest 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 $850^\circ C$, 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.

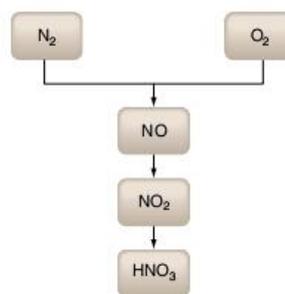
11 UFV A chuva ácida, grave problema ecológico, principalmente em regiões industrializadas, é o resultado de reações de gases liberados na atmosfera, produzindo ácidos. O óxido que pode estar relacionado com a formação da chuva ácida é:

- (a) CaO
 (b) SO_2
 (c) CuO
 (d) Na_2O
 (e) Fe_2O_3

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:

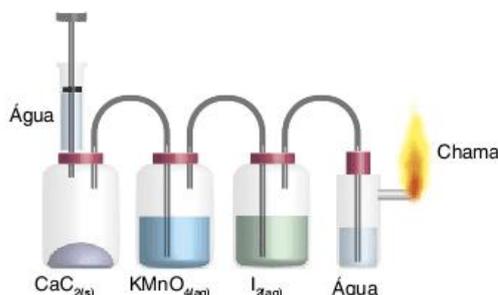
- (a) $N_2 + O_2 + \text{faísca elétrica} \rightarrow 2NO$
 $2NO + O_2 + H_2 \xrightarrow{\Delta} 2HNO_3$
 (b) $N_2 + O_2 + \text{faísca elétrica} \rightarrow 2NO$;
 $2NO_2 \rightarrow 2NO + O_2$ e
 $2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$
 (c) $N_2 + 2O_2 + \text{faísca elétrica} \rightarrow 2NO_2$ e
 $2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$
 (d) $N_2 + O_2 + \text{faísca elétrica} \rightarrow 2NO$;
 $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$ e
 $2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$

14 Qual das opções a seguir contém a equação química correta que representa uma reação que poderá ocorrer com o ouro (Au) nas condições ambientes?

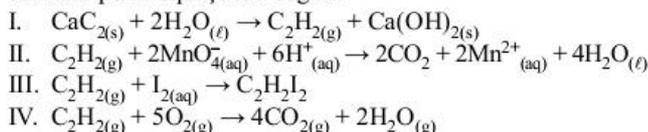
- (a) $2Au_{(c)} + 6HCl_{(aq)} \rightarrow 2AuCl_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$
 (b) $Au_{(c)} + 6HNO_{3(aq)} \rightarrow Au(NO_3)_{3(aq)} + 3NO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$
 (c) $8Au_{(c)} + 27H^+_{(aq)} + 3NO_3^-_{(aq)} \rightarrow 8Au^{3+}_{(aq)} + 3NH_{3(g)} + 9H_2O_{(l)}$
 (d) $Au_{(c)} + 4Cl^-_{(aq)} + 3NO_3^-_{(aq)} + 6H^+_{(aq)} \rightarrow AuCl_{4(aq)}^- + 3NO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$

>> Dica da questão 14: O ouro reage com água-régia, que é uma mistura de HCl e HNO_3 na forma de íons H^+ , Cl^- , NO_3^- .

15 UFV Um experimento interessante, do ponto de vista didático, para demonstrar algumas reações de alquinos, consiste em reagir carbeto de cálcio (CaC_2) com água, fazendo o gás produzido borbulhar sucessivamente em soluções aquosas de permanganato de potássio e iodo, e por fim queimando o excesso de gás na saída do sistema, conforme ilustrado na figura adiante.



As reações químicas que ocorrem nesse experimento são representadas pelas equações a seguir.



Dentre as afirmativas a seguir, assinale a incorreta.

- A equação IV é uma reação de combustão não ocorrendo nem oxidação nem redução.
- A equação III representa uma típica reação de adição de halogênio a alquinos.
- Na equação II, o C_2H_2 é oxidado e o MnO_4^- é reduzido.
- Na equação I, um dos produtos formados é o hidróxido de cálcio.
- A reação de C_2H_2 com I_2 em excesso poderia resultar na formação do $\text{C}_2\text{H}_2\text{I}_4$.

16 Fuvest 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.

- Introduziram-se raspas de ferro aquecidas ao rubro. Apenas nos recipientes A e B observou-se transformações das raspas de ferro.
- Cheiraram-se os conteúdos. O de A, assim como o de C, eram inodoros. O de B provocou forte irritação na mucosa nasal.
 - Identifique os gases dos recipientes A, B e C. Justifique.
 - Escreva a equação balanceada da reação do conteúdo do recipiente B com o ferro.

17 UEL Em qual das seguintes reações não há produção de hidrogênio, H_2 ?

- Oxidação do iodeto de hidrogênio pelo cloro.
- Eletrólise da solução aquosa de ácido sulfúrico.
- Oxidação do zinco pelo ácido clorídrico.
- Eletrólise da água acidulada.
- Hidrólise do hidreto de sódio.

18 FGV 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.

- Os ventos marinhos, carregando aerossol de cloreto de sódio, depositam-no sobre os monumentos, facilitando a solubilização do CaCO_3 , constituinte do mármore.
- A chuva ácida, que é produto da poluição do ar por monóxido de carbono, ataca o carbonato de cálcio.
- 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.
- 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.
- 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 Mackenzie Ao longo de túneis muito longos, são colocadas placas com o seguinte aviso:

“Em caso de congestionamento, desligue o motor do carro.” Esta advertência deve-se à preocupação com o possível acúmulo de um gás inodoro e tóxico, que é produto da combustão incompleta do álcool ou da gasolina. Esse gás é o:

- N_2
- CO_2
- HCN
- CO
- H_2S

20 Mackenzie 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	<input type="checkbox"/> usada em alvejante doméstico
2) NaCl	<input type="checkbox"/> um dos componentes do soro fisiológico
3) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	<input type="checkbox"/> usada como contraste em radiografias de estômago
4) NaClO	<input type="checkbox"/> usada como preventivo contra cáries
5) NaF	<input type="checkbox"/> usada na fabricação de gesso

- 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5
- 2 ; 1 ; 5 ; 3 ; 4
- 3 ; 2 ; 4 ; 5 ; 1
- 5 ; 4 ; 3 ; 2 ; 1
- 4 ; 2 ; 1 ; 5 ; 3

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 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 caiar 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.
- (b) 1, 4, 3 e 2.
- (c) 2, 1, 4 e 3.
- (d) 3, 4, 2 e 1.
- (e) 4, 3, 1 e 2.

23 Fuvest 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.

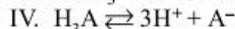
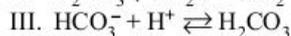
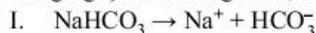
24 Fuvest Cite um metal que entre na constituição de:

- a) painéis de pressão.
- b) fios elétricos.
- c) trilhos de trem.
- d) revestimento eletrolítico de objetos metálicos.

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.



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

- o ovo afunda, ao final do experimento, porque, sem a casca, ele se torna menos denso que a solução.
- a quantidade de ácido acético diminui durante o experimento.
- as bolhas são formadas pela liberação de gás hidrogênio.
- 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:

- monumento Itamarati – Brasília (mármore).
- esculturas do Aleijadinho – MG (pedra-sabão, contém carbonato de cálcio).

III. grades de ferro ou alumínio de edifícios.

Ação da chuva ácida pode acontecer em:

- I, apenas.
- I e II, apenas.
- I e III, apenas.
- I, II e III.
- II e III, apenas.

29 Se abrimos 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 Considere as informações a seguir.

- $\text{PbCrO}_{4(s)}$ é um sólido amarelo que é solúvel em água quente.
- $\text{AgCl}_{(s)}$ forma um cátion de prata solúvel em solução aquosa de NH_3 .

III. O sólido branco $\text{PbCl}_{2(s)}$ é solúvel em água quente, mas os sólidos brancos $\text{AgCl}_{(s)}$ e $\text{Hg}_2\text{Cl}_{2(s)}$ não o são.

IV. Uma solução aquosa contendo o cátion de prata do item II, quando acidulada com HCl , forma o sólido $\text{AgCl}_{(s)}$.

V. $\text{Hg}_2\text{Cl}_{2(s)}$ forma uma mistura insolúvel contendo $\text{Hg}_{(l)}$, que tem cor prata, e $\text{HgNH}_2\text{Cl}_{(s)}$, 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:

- uma jazida de sódio metálico puro e
- uma jazida de óxido de ouro.

Com base em seus conhecimentos de Química, justifique se você acreditaria nestas informações.

32 ITA 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 tomado 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 tomou frágil e quebradiço.

- Explique as observações descritas nos dois experimentos.
- 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:

- 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.



>> **Dica da questão 28:** Mármore é composto de CaCO_3 .

Dica da questão 31: Pirita é um minério de Fe e S.

Dica da questão 33: 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.

- 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.

- 34 ITA** Forma-se um óxido sólido que se dispersa no ar, na forma de fumaça, na queima de:

- (a) fósforo branco. (d) enxofre.
(b) diamante. (e) cloro.
(c) grafite.

- 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** Qual das opções a seguir contém a equação que representa a produção de ferro num alto-forno convencional alimentado com hematita e coque?

- (a) $\text{FeS}_{(c)} + \text{H}_{2(g)} \rightarrow \text{Fe}_{(c)} + \text{H}_2\text{S}_{(g)}$
(b) $\text{Fe}_2\text{O}_{3(c)} + 2\text{Al}_{(c)} \rightarrow 2\text{Fe}_{(c)} + \text{Al}_2\text{O}_{3(c)}$
(c) $\text{Fe}_3\text{O}_{4(c)} + 4\text{H}_{2(g)} \rightarrow 3\text{Fe}_{(c)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(g)}$
(d) $\text{Fe}_2\text{O}_{3(c)} + 3\text{CO}_{(g)} \rightarrow 2\text{Fe}_{(c)} + 3\text{CO}_{2(g)}$
(e) $4\text{FeS}_{(c)} + 2\text{CO}_{(g)} \rightarrow 4\text{Fe}_{(c)} + 2\text{CS}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$

- 37 FGV** Do ponto de vista da energia, é mais proveitoso reciclar:

- (a) papel. (d) plástico.
(b) aço. (e) vidro.
(c) alumínio.

- 38 ITA** 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?

- (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** 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** Assinale a opção que contém o par de substâncias de cuja mistura resulta uma reação química facilmente perceptível:

- (a) $\text{Br}_{2(aq)} + \text{NaCl}_{(aq)}$
(b) $\text{Cl}_{2(aq)} + \text{NaI}_{(aq)}$
(c) $\text{H}_{2(g)} + \text{MgSO}_{4(aq)}$
(d) $\text{Ag}_{(s)} + \text{ZnSO}_{4(aq)}$
(e) $\text{HCl}_{(aq)} + \text{Cu}_{(s)}$

- 41 ITA** 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** 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:

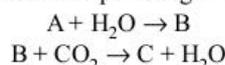
- (a) H_2 , O_2 e CO_2
(b) CO_2 , H_2 e O_2
(c) H_2 , CO_2 e O_2
(d) CO_2 , O_2 e H_2
(e) O_2 , H_2 e CO_2

>> **Dica das questões 37 e 38:** 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.

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:

- gás carbônico.
- gás sulfídrico (sulfeto de hidrogênio).
- hidróxido de amônio.
- hidróxido de cobre II.

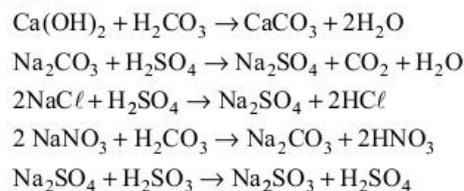
45 UFRGS Um aluno misturou cal virgem e água, obtendo uma suspensão, que foi filtrada. A seguir, com um canudo, soprou dentro do filtrado, aparecendo um precipitado branco. Esse processo é representado pelas seguintes equações:



As letras A, B e C são, respectivamente, os seguintes compostos de cálcio:

- óxido, hidróxido e carbonato.
- hidróxido, óxido e carbonato.
- carbonato, hidróxido e óxido.
- óxido, carbonato e hidróxido.
- hidróxido, carbonato e óxido.

46 Fesp-SP Dadas as reações:



O número de reações possíveis é:

- uma reação.
- duas reações.
- todas as reações.
- três reações.

47 UFJF Tendo por base as observações a seguir, assinale a alternativa que apresenta os elementos colocados em ordem decrescente de força como redutor.

- O sódio metálico reage vigorosamente com a água, enquanto o magnésio metálico não apresenta reação com a água.
 - Um prego de ferro imerso em solução contendo íons cobre fica coberto por uma camada de cobre metálico.
 - Um pedaço de fio de cobre colocado em solução de nitrato de prata toma-se prateado e a solução adquire cor azulada típica de íons cobre.
 - Uma fita de magnésio metálico reage com ácido clorídrico diluído mais rapidamente do que o prego de ferro.
- $\text{Na} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Ag} > \text{Mg}$
 - $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Ag}$

- $\text{Mg} > \text{Ag} > \text{Cu} > \text{Fe} > \text{Na}$
- $\text{Ag} > \text{Cu} > \text{Fe} > \text{Mg} > \text{Na}$
- $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Ag} > \text{Cu} > \text{Fe}$

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:
 - sublimação.
 - fusão.
 - combustão.
- Equacione o processo de combustão ocorrido.

49 Cesgranrio 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:

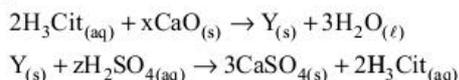
- AgCl – sólido branco de baixa solubilidade em água
 - AgI – sólido amarelo de baixa solubilidade em água
 - Cl_2 – substância de coloração verde em solução aquosa
 - Br_2 – substância de coloração laranja em solução aquosa
 - I_2 – substância de coloração castanha em solução aquosa
 - H_2S – gás de odor desagradável (cheiro de ovo podre)
- Com base no exposto, poderemos concluir que o químico só não poderá afirmar que a substância que:
- liberar gás de odor desagradável, em meio fortemente ácido, é o sulfeto de sódio.
 - reagir com solução aquosa de cloro, tomando-a laranja, é o brometo de potássio.
 - reagir com solução aquosa de iodo, tornando-a incolor, é o brometo de potássio.
 - que formar precipitado branco com solução aquosa de cloreto de sódio é o nitrato de prata.
 - formar precipitado amarelo com solução aquosa de iodeto de sódio é o nitrato de prata.

>> Dica da questão 47: Você pode chegar à resposta do problema seguindo as várias informações que ele fornece. Porém, o que o problema efetivamente pede é a ordem decrescente de reatividade de alguns metais (que é a fila de reatividade).

50 Fuvest 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, $Ca_3(Cit)_2$ e 3 (d) 3, $Ca_2(Cit)_3$ e 3
 (b) 2, $Ca_2(Cit)_3$ e 3 (e) 2, $Ca_3(Cit)_2$ e 2
 (c) 3, $Ca_3(Cit)_2$ e 2

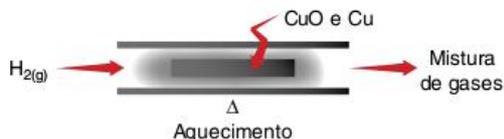
51 ITA Considere as misturas dos seguintes reagentes:

- I. $HCl_{(aq)}$ com $Na_2CO_{3(aq)}$ IV. $HCl_{(aq)}$ com $CaCO_{3(s)}$
 II. $H_2SO_{4(l)}$ com $NaCl_{(s)}$ V. $HCl_{(aq)}$ com $Ag_{(s)}$
 III. $H_2SO_{4(aq)}$ com $K_2SO_{3(aq)}$

Não haverá desprendimento de gás apenas no caso da(s) seguinte(s) mistura(s):

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

52 Unicamp O óxido de cobre II, CuO , é reduzido pelo $H_{2(g)}$ 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 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:

- (a) Cu ; CH_3COOH ; $Cu(CH_3COO)_2$
 (b) Cu_2O ; HCl ; $CuCl_2$
 (c) CuO ; HCl ; $CuCl_2$
 (d) CuO ; CH_3COOH ; $Cu(CH_3COO)_2$
 (e) Cu ; HCl ; $CuCl$

54 Fuvest 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:

- (a) H_2 , He e SO_2 (c) He, SO_2 e H_2 (e) SO_2 , H_2 e He
 (b) H_2 , SO_2 e He (d) SO_2 , He e H_2

55 Com relação aos efeitos sobre o ecossistema, pode-se afirmar que:

- I. as chuvas ácidas poderiam causar a diminuição do pH da água de um lago, o que acarretaria a morte de algumas espécies, rompendo a cadeia alimentar.
 II. as chuvas ácidas poderiam provocar acidificação do solo, o que prejudicaria o crescimento de certos vegetais.
 III. as chuvas ácidas causam danos se apresentarem valor de pH maior que o da água destilada.

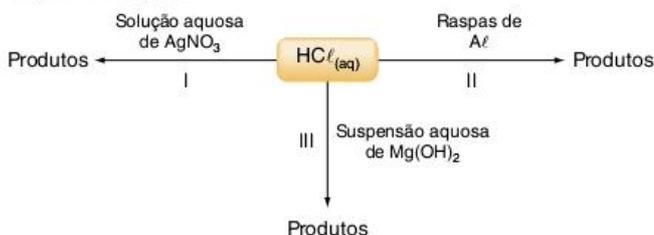
Dessas afirmativas está(ão) correta(s):

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

56 Fuvest 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:

- (a) hidrogênio produzido na reação e aumento de pH.
 (b) oxigênio produzido na reação e aumento de pH.
 (c) nitrogênio do ar e aumento de pH.
 (d) hidrogênio produzido na reação e diminuição de pH.
 (e) nitrogênio do ar e diminuição de pH.

57 Fuvest 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:

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

>>> **Dica da questão 51:** Metal nobre, em condições normais, não reage com ácidos.

Dica da questão 54: Por ser gás nobre, He não reage. Além disso, compostos apolares têm baixa solubilidade em água.

Dica da questão 57: O $Mg(OH)_2$ é uma base praticamente insolúvel em água.

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:

- I. Os sais de amônio, em presença de hidróxidos e carbonatos de metais alcalinos, desprendem amônia, NH_3 , de cheiro característico.
- II. 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 CCampos A associação incorreta das atividades diárias às operações básicas de laboratório é:

- (a) preparar um refresco de cajá a partir do suco concentrado – diluição.
- (b) adoçar o leite – dissolução.
- (c) preparar chá de canela – extração.
- (d) separar sal da água do mar – evaporação.
- (e) separar gasolina do petróleo – liquefação.

60 UFPB Quando a matéria sofre uma transformação qualquer, diz-se que ela sofreu um fenômeno, que pode ser físico ou químico.

Nesse sentido, considere as seguintes transformações:

- derretimento das geleiras;
- degradação dos alimentos no organismo;
- ação de um medicamento no organismo;
- produção de energia solar.

Com relação a essas transformações, é correto afirmar que:

- (a) todas são fenômenos químicos.
- (b) todas são fenômenos físicos.
- (c) o derretimento das geleiras e a degradação dos alimentos no organismo são fenômenos químicos.
- (d) a ação de um medicamento no organismo e a produção de energia solar são fenômenos físicos.
- (e) o derretimento das geleiras e a produção de energia solar são fenômenos físicos.

61 CPS Em cavernas asiáticas, há vestígios de fogueiras feitas há 500 mil anos. Aliás, a possibilidade de usar o fogo diferenciou 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.

- I. Os humanos podiam aproveitar a luz e o calor da queima da lenha.
- II. As carnes, churrasqueadas em um braseiro, melhoravam de consistência e sabor e podiam ser conservadas por mais tempo.
- III. Obtinha-se sal aquecendo e evaporando a água do mar.
- IV. 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:

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

62 PUC-Minas Todas as situações expostas a seguir envolvem transformações químicas, exceto:

- (a) dissolução do sal de frutas em água.
- (b) sublimação do gelo seco.
- (c) fermentação da massa na fabricação de pães.
- (d) destruição da camada de ozônio.

63 UEPG Com relação à classificação dos fenômenos em físicos e químicos, assinale o que for correto.

- 01 O aquecimento de um fio de Cu na chama constitui um fenômeno físico.
- 02 A dissolução de açúcar na água constitui um fenômeno químico.
- 04 A extração do sal de cozinha pela evaporação da água do mar constitui um fenômeno físico.
- 08 A passagem de corrente elétrica por um fio metálico constitui um fenômeno químico.
- 16 A dissolução de um comprimido efervescente na água constitui um fenômeno físico.

Soma =

64 Cefet-MG Um processo químico ocorre no momento em que há:

- (a) separação dos constituintes do petróleo.
- (b) liberação de gás quando o gelo seco sublima.
- (c) solidificação da gordura quando a frigideira esfria.
- (d) efervescência do comprimido de vitamina C na água.

65 CPS Considere o que se observa quando um comprimido antiácido efervescente é acrescentado à água, ou seja, a rápida produção de gás. Essa observação leva a concluir o seguinte:

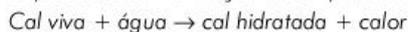
- (a) evaporando-se a solução aquosa obtida após a liberação de gás, obtém-se o comprimido.
- (b) a mistura “comprimido efervescente e água” resultou em transformação química.
- (c) o comprimido efervescente decompõe a água em seus dois gases constituintes, H_2 e O_2 .
- (d) o gás produzido é tóxico e a solução resultante não deve ser ingerida se apresentar bolhas.
- (e) o comprimido fez com que houvesse liberação dos gases, que estavam dissolvidos na água.

66 CPS 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 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) Béquer
- (b) Proveta
- (c) Pipeta graduada
- (d) Erlenmeyer
- (e) Pipeta volumétrica

68 Cefet-SC Classificando os fenômenos a seguir em endotérmicos ou exotérmicos, quantos são endotérmicos?

- I. Fusão do gelo
 - II. Condensação do vapor de água
 - III. $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(s)}$
 - 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 aceti*. 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 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 ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) é igual a 46,06 g. 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.
- (b) F – V – V – V – F.
- (c) V – V – F – 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.
- (b) 4 e 2.
- (c) 3 e 3.
- (d) 2 e 2.

72 Enem



M. F. Ziegler. "Energia sustentável". Revista IstoÉ, 28 abr. 2010.

A fonte de energia representada na figura, considerada uma das mais limpas e sustentáveis do mundo, é extraída do calor gerado:

- (a) pela circulação do magma no subsolo.
- (b) pelas erupções constantes dos vulcões.
- (c) pelo Sol que aquece as águas com radiação ultravioleta.
- (d) pela queima de carvão e combustíveis fósseis.
- (e) pelos detritos e cinzas vulcânicas.

73 IFSP 2011 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.

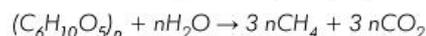
74 IFSP 2011 O leite em pó integral dura mais tempo do que o leite integral *in natura*. Isso ocorre porque, no processo de produção do leite em pó, o leite *in natura*:

- (a) foi desidratado.
- (b) foi embalado em lata.
- (c) perdeu lactose.
- (d) ganhou gorduras.
- (e) ganhou vitaminas.

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

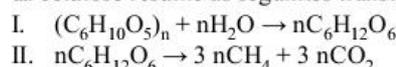
ovo podre) e CO_2 ; desses gases, apenas o metano e o gás sulfídrico são inflamáveis. Uma dessas reações é a fermentação da celulose, substância presente em grande quantidade nos vegetais e possível de ser representada de forma simplificada pela equação:



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 A equação apresentada no texto como fermentação da celulose resume as seguintes transformações.



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.

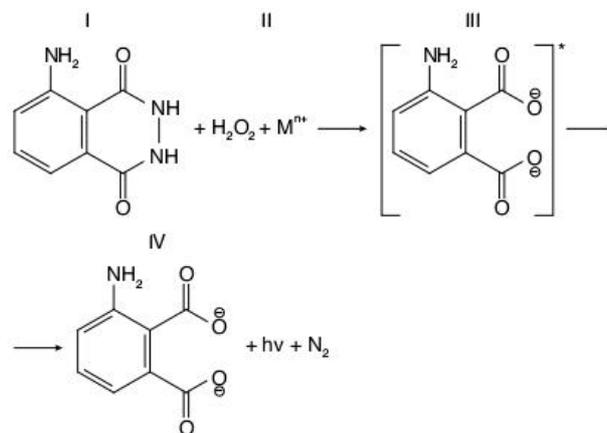
Na investigação forense, utiliza-se luminol, uma substância que reage com o ferro presente na hemoglobina do sangue, produzindo luz que permite visualizar locais contaminados com pequenas quantidades de sangue, mesmo superfícies lavadas.

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-aminoftalato (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.).

Dados: Pesos moleculares: luminol = 177; 3-aminoftalato = 164.

76 Enem



Na reação do luminol, está ocorrendo o fenômeno de:

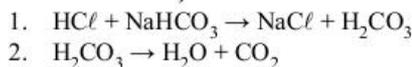
- (a) fluorescência, quando espécies excitadas por absorção de uma radiação eletromagnética relaxam liberando luz.
- (b) incandescência, um processo físico de emissão de luz que transforma energia elétrica em energia luminosa.
- (c) quimiluminescência, uma reação química que ocorre com liberação de energia 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.

- 1 *Amiga Helena Sangirardi*
Conforme um dia eu prometi
Onde, confesso que esqueci
E embora – perdoe – tão tarde
- 5 *(Melhor do que nunca!) este poeta*
Segundo manda a boa ética
Envia-lhe a receita (poética)
De sua feijoada completa
Em atenção ao adiantado
- 10 *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
- 15 *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
- 20 *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 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:



As reações (1) e (2) classificam-se, respectivamente, como:

- (a) dupla-troca – síntese.
- (b) simples troca – síntese.
- (c) dupla-troca – decomposição.
- (d) síntese – simples troca.
- (e) síntese – decomposição.

78 Puccamp Considere a seguinte receita caseira para o preparo de um bolo de fubá.

- I. 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.
- II. Acrescente erva-doce a gosto e despeje na assadeira previamente untada.
- III. Leve ao forno pré-aquecido até que o bolo esteja assado e corado.

Há ocorrência de transformação química em:

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

“Errantes eram os primeiros grupos humanos que perambulavam pela região Sul.”

79 UFSM 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.

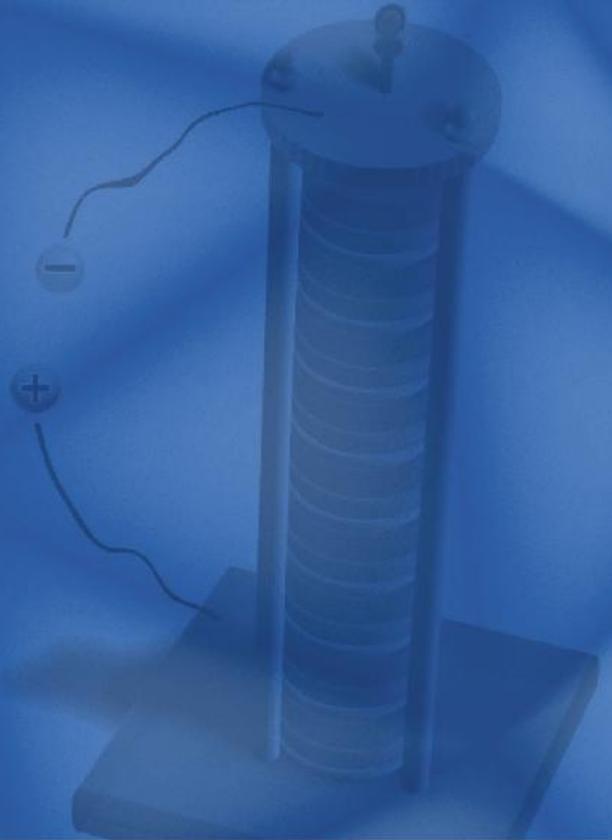
- 1. Físico
- 2. Químico

- a) cozer alimentos
- 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.

Frente 3

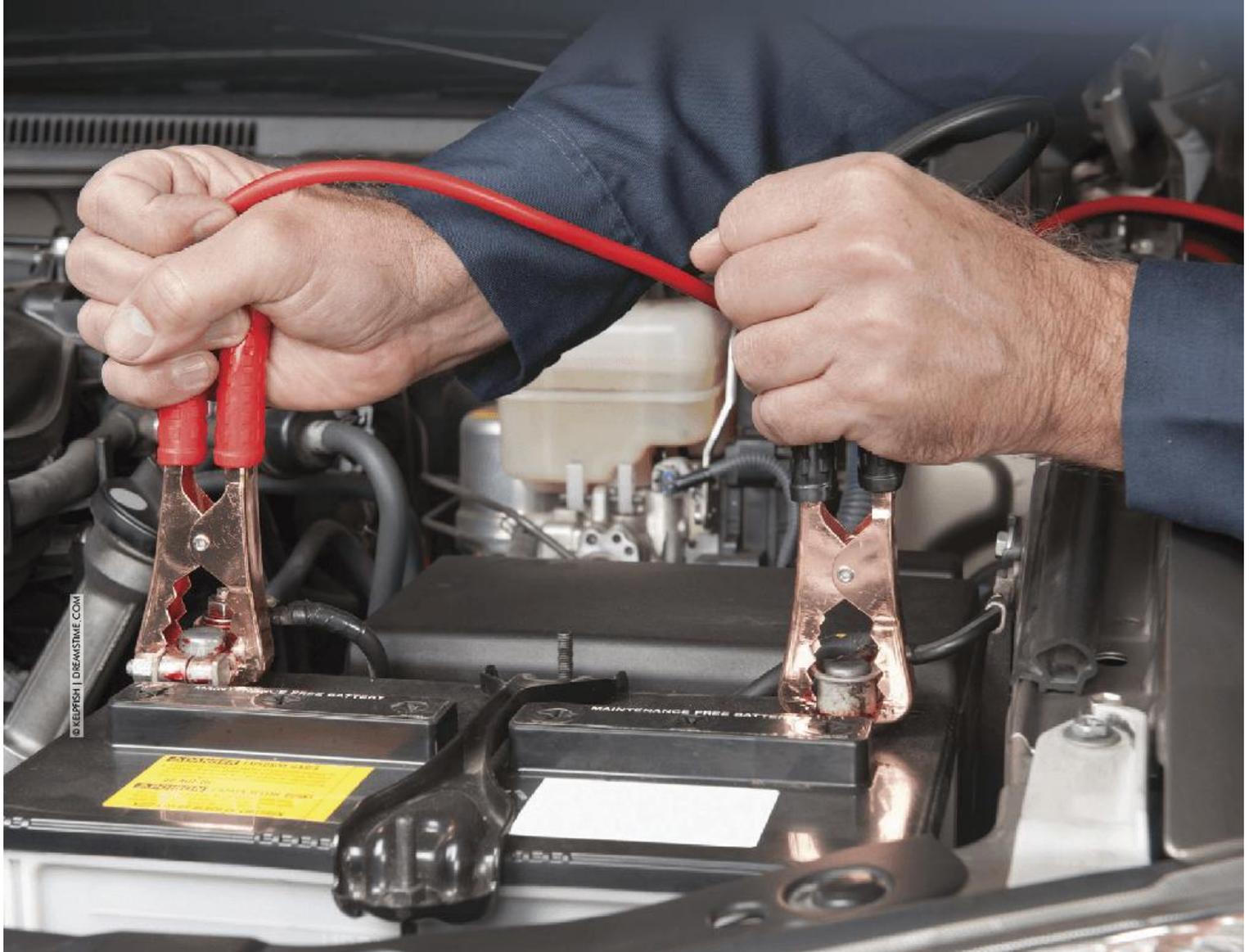


7

FRENTE 3

Eletroquímica

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.



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 de energia química 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.

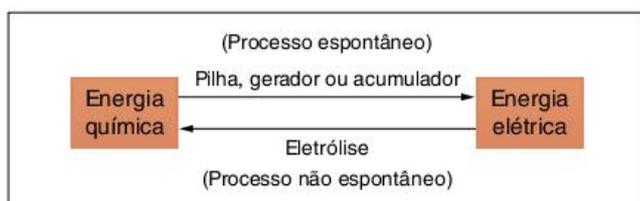
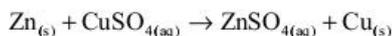
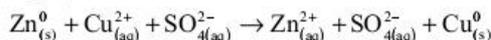


Fig. 1 Fenômenos eletroquímicos.

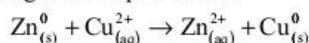
Para que uma reação química possa fornecer energia elétrica, ela deve ser de oxirredução. Veja o exemplo:



Essa é a equação de uma reação de oxirredução. Levando-se em conta a solubilidade dos sulfatos e as devidas dissociações em água, temos:

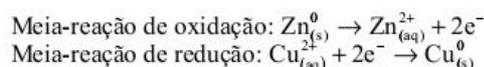


Nota-se, portanto, que os íons sulfato são íons inertes, ou seja, estão presentes mas não interferem no processo global. Assim, a equação global do processo é:

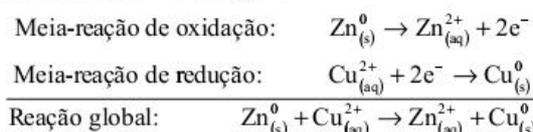


Portanto, o $\text{Zn}_{(s)}^0$ sofre oxidação e o $\text{Cu}_{(aq)}^{2+}$ sofre redução. Isso ocorre devido à maior tendência a oxidação que o metal zinco tem em relação ao metal cobre. Como consequência, o

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.

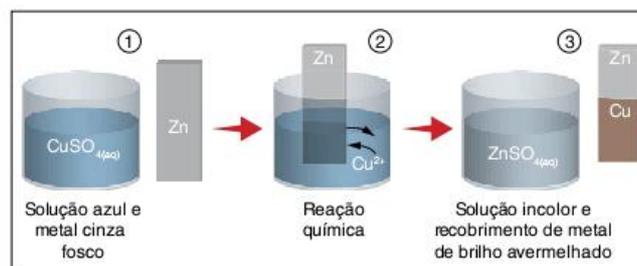


Fig. 2 Aspectos experimentais da reação entre zinco metálico e solução aquosa de sulfato de cobre.

Deve-se salientar que esse exemplo de reação é um dos casos 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 será mais detalhadamente estudada 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 desse 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 por uma placa de zinco metálico mergulhada em uma solução

aquosa de sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_{4(\text{aq})}$) com concentração molar 1 mol/L (condição-padrão). A outra meia-célula será composta por uma placa de cobre metálico mergulhada em uma solução aquosa de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$) com concentração molar 1 mol/L. Veja, na figura a seguir, as duas meias-células.

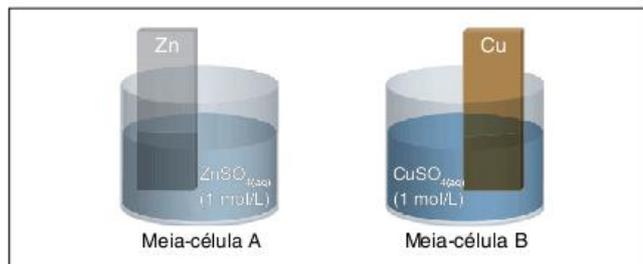
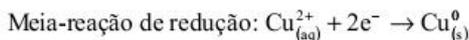


Fig. 3 Meias-células de uma pilha de Daniell.

- Na introdução desse 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: Meia-reação de oxidação: $\text{Zn}_{(\text{s})}^0 \rightarrow \text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^-$

Enquanto 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.

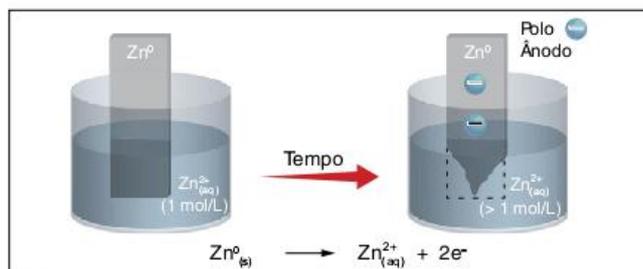


Fig. 4 Consequências do funcionamento do eletrodo-padrão de zinco em uma pilha de Daniell.

- 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.

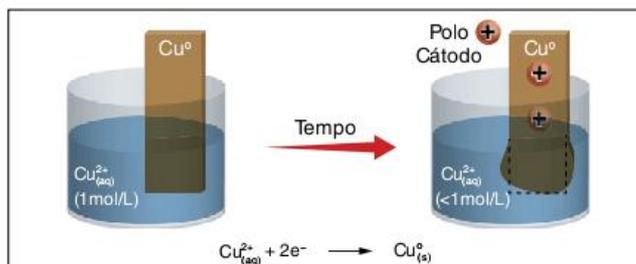


Fig. 5 Consequências do funcionamento do eletrodo-padrão de cobre em uma pilha de Daniell.

- 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.

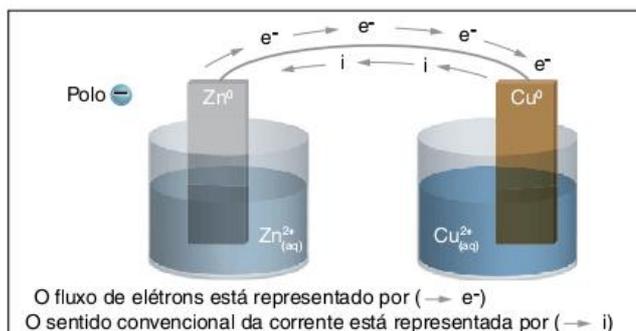


Fig. 6 Fluxo dos elétrons e sentido convencional da corrente em uma pilha de Daniell.

- 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 inviabiliza 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.

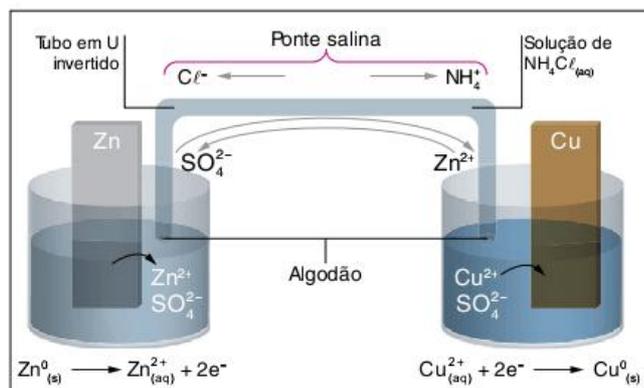


Fig. 7 Principais fluxos de íons em ponte salina de uma pilha de Daniell.

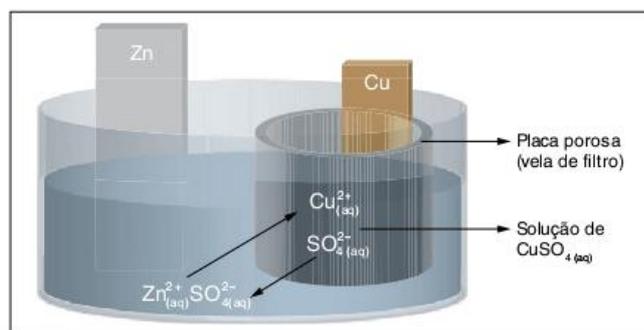


Fig. 8 Principais fluxos de íons em placa porosa de uma pilha de Daniell.

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 irá ocorrer quando estiver ocorrendo também a meia-reação de redução. O fluxo de elétrons só irá ocorrer quando houver fluxo de íons. A perda de massa do eletrodo do ânodo só irá 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.

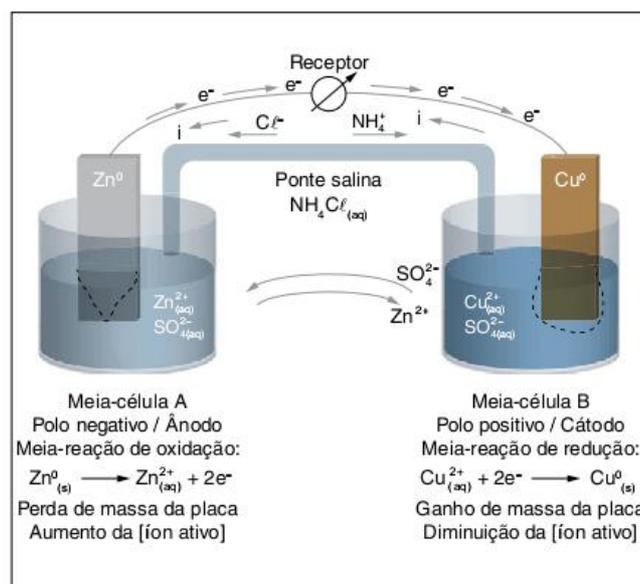


Fig. 9 Esquema completo de funcionamento de uma pilha de Daniell gerando energia elétrica para um receptor.

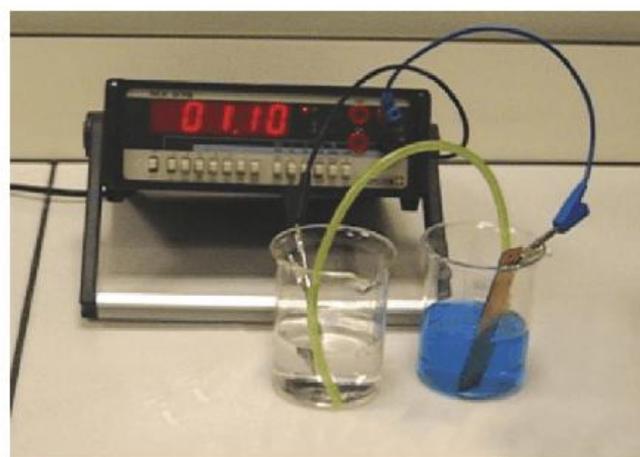
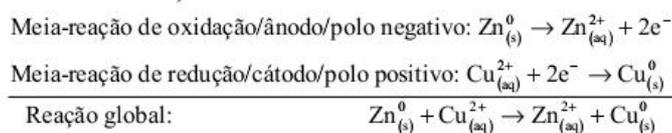
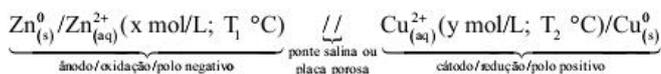


Fig. 10 Pilha de Daniell com ponte salina.

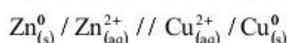
Portanto, não é difícil perceber que quaisquer dois metais intermediados por uma solução eletrolítica constituem uma pilha, desde que se faça contato elétrico entre os dois metais. A reação global da pilha que acabamos de expor é a soma das duas meias-reações:



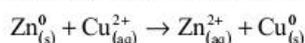
Há três fatores que determinam o funcionamento de uma pilha: as espécies químicas envolvidas, as concentrações dos íons ativos nas soluções aquosas e a temperatura. A maneira de se representar uma pilha de forma completa, ou seja, fornecendo-se todas as informações, é padronizada e universal. Observe a representação da pilha de Daniell entre zinco e cobre:



Nessa representação, x é a concentração molar de $\text{Zn}_{(aq)}^{2+}$ e y , a de $\text{Cu}_{(aq)}^{2+}$. 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:

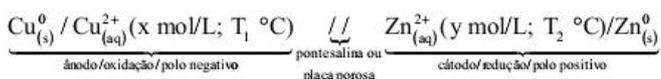
$$Q_c = \frac{[\text{Zn}_{(aq)}^{2+}]}{[\text{Cu}_{(aq)}^{2+}]}$$

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 $\text{Zn}_{(s)}^0 / \text{Zn}_{(aq)}^{2+} // \text{Cu}_{(aq)}^{2+} / \text{Cu}_{(s)}^0$, 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, este 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

$$\frac{[\text{Zn}_{(aq)}^{2+}]}{[\text{Cu}_{(aq)}^{2+}]} = \frac{y}{x} \text{ deve ser maior do que } K_c = 10^{37,3}.$$

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 este 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.

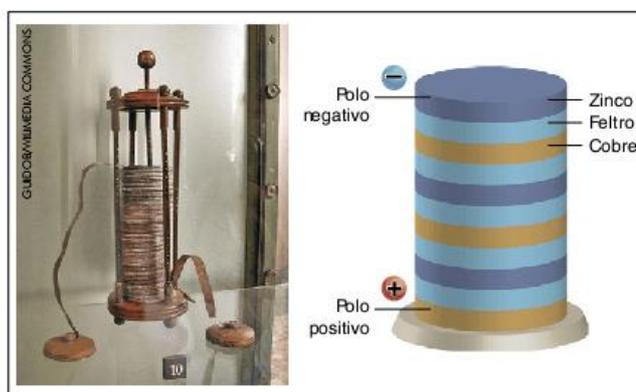


Fig. 11 Foto e esquema da pilha de Alessandro Volta.

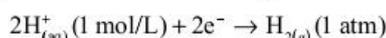
Visualizando o dispositivo inventado por Alessandro Volta, não fica difícil compreender o nome **pilha**.

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 e 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 vale 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. Mas, 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^+ em contato com essa placa e $H_{2(g)}$ sendo borbuhlado 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).

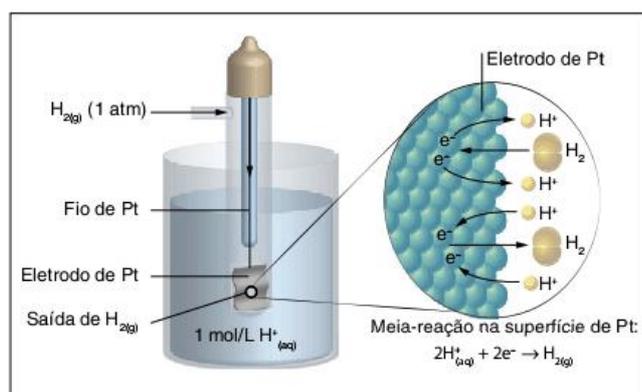
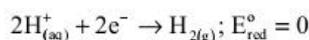


Fig. 12 Esquema do eletrodo-padrão de hidrogênio (EPH).

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 de Daniell 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.

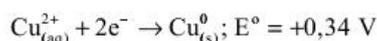
Potencial de oxidação em volts (V)	Potenciais-padrão de eletrodo				Potencial de redução (E°) em volts (V)
+3,04	$e^- +$	Li^+	\rightleftharpoons	Li	-3,04
+2,92	$e^- +$	K^+	\rightleftharpoons	K	-2,92
+2,90	$2e^- +$	Ba^{2+}	\rightleftharpoons	Ba	-2,90
+2,87	$2e^- +$	Ca^{2+}	\rightleftharpoons	Ca	-2,87
+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

Tab. 1 Tabela de potenciais-padrão dos eletrodos em relação ao EPH.

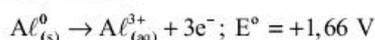
Sobre essa tabela devem ser feitas algumas considerações:

- 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°_{ox} .
- Note como $E^{\circ}_{red} = -E^{\circ}_{ox}$.
- 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:



Neste caso, o potencial fornecido é de redução, pois a meia-reação é de redução.



Neste 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.

Portanto, se $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}^0; E^\circ = +0,34 \text{ V}$, então $2\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cu}_{(\text{s})}^0; E^\circ = +0,34 \text{ V}$.

Para se calcular a força-eletromotriz nas condições-padrão E° 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.

$$U_{\text{ddp}} = \frac{\Delta E^\circ}{\text{f.e.m.}} - \frac{R_{\text{resistência}}}{\text{interna}} \cdot \underbrace{i}_{\text{corrente}}$$

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 $\text{Zn}_{(\text{s})}^0 / \text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+} // \text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} / \text{Cu}_{(\text{s})}^0$, 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 os polos negativo e positivo?
- Quais são o ânodo e o 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?
- Faça um esquema do funcionamento do elemento galvânico.

Resolução:

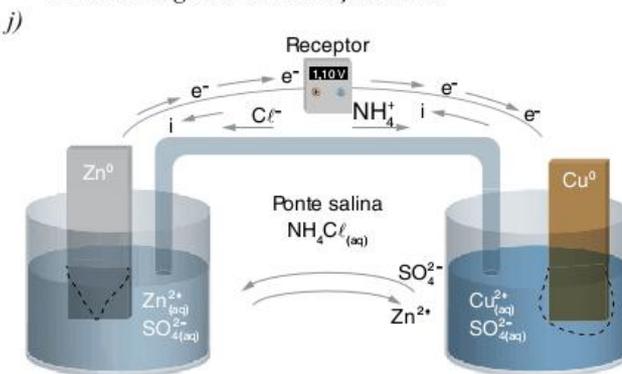
- Segundo a tabela de potenciais-padrão, o E_{red}° do cobre é maior que o E_{red}° do zinco. Portanto, o zinco oxida e o cobre reduz.

Reduz espontaneamente o eletrodo com maior potencial de redução.

Assim, a meia-reação de oxidação é: $\text{Zn}_{(\text{s})}^0 \rightarrow \text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^-$.

- Meia-reação de redução: $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}^0$
- A reação global é a soma das duas meias-reações:
Meia-reação de oxidação: $\text{Zn}_{(\text{s})}^0 \rightarrow \text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^-$
Meia-reação de redução: $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}^0$
Reação global: $\text{Zn}_{(\text{s})}^0 + \text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} \rightarrow \text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+} + \text{Cu}_{(\text{s})}^0$

- 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.
- 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.
- 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 zinco.
- Segundo as meias-reações, há um aumento na concentração de íons $\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+}$ e uma redução na concentração dos íons $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+}$.
- 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 $\Delta E^\circ = E_{\text{red, reduz}}^\circ - E_{\text{red, oxida}}^\circ$:
 $\Delta E^\circ = (+0,34) - (-0,76) \therefore \Delta E^\circ = +1,10 \text{ V}$.
- Como $\Delta E^\circ > 0$, o dispositivo galvânico funciona espontaneamente segundo a sua reação direta.



2 Para o elemento galvânico $\text{Al}_{(\text{s})}^0 / \text{Al}_{(\text{aq})}^{3+} // \text{Pb}_{(\text{aq})}^{2+} / \text{Pb}_{(\text{s})}^0$, 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 os polos negativo e positivo?
- Quais são o ânodo e 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?

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: $Al^0_{(s)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$

- b) Meia-reação de redução: $Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Pb^0_{(s)}$

- c) A reação global é a soma das duas meias-reações:

Meia-reação de oxidação: $Al^0_{(s)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^- \times (2)$

Meia-reação de redução: $Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Pb^0_{(s)} \times (3)$

Reação global: $2Al^0_{(s)} + 3Pb^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 3Pb^0_{(s)}$

- 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.
 e) 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.
 f) 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.
 g) Segundo as meias-reações, há um aumento na concentração de íons $Al^{3+}_{(aq)}$ e uma redução na concentração dos íons $Pb^{2+}_{(aq)}$.
 h) O eletrodo que oxida é o eletrodo de alumínio. Portanto, segundo a tabela de potenciais-padrão, $E^\circ_{red, oxida} = -1,66 V$. O eletrodo que reduz é o de chumbo.
 Logo, $E^\circ_{red, reduz} = -0,13 V$.
 Como $\Delta E^\circ = E^\circ_{red, reduz} - E^\circ_{red, oxida} \therefore$
 $\Delta E^\circ = (-0,13) - (-1,66) \therefore \Delta E^\circ = +1,53 V$
 i) Como $\Delta E^\circ > 0$, o dispositivo galvânico funciona espontaneamente segundo a sua reação direta.

3 Para o elemento galvânico $Ag^0_{(s)} / Ag^+_{(aq)} // Mg^{2+}_{(aq)} / Mg^0_{(s)}$, 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) Qual o valor de ΔE° ?
 e) 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: $Ag^0_{(s)} \rightarrow Ag^+_{(aq)} + e^-$

- b) Meia-reação de redução: $Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Mg^0_{(s)}$

- c) A reação global é a soma das duas meias-reações:

Meia-reação de oxidação: $Ag^0_{(s)} \rightarrow Ag^+_{(aq)} + e^- \times (2)$

Meia-reação de redução: $Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Mg^0_{(s)}$

Reação global: $2Ag^0_{(s)} + Mg^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2Ag^+_{(aq)} + Mg^0_{(s)}$

- d) Segundo a representação fornecida no enunciado, o eletrodo que oxida é o eletrodo de prata. Portanto, segundo a tabela de potenciais-padrão, $E^\circ_{red, oxida} = +0,80 V$. O eletrodo que reduz é o de magnésio. Logo, $E^\circ_{red, reduz} = -2,36 V$.
 Como $\Delta E^\circ = E^\circ_{(red, reduz)} - E^\circ_{(red, oxida)} \therefore$
 $\Delta E^\circ = (-2,36) - (+0,80) \therefore \Delta E^\circ = -3,16$
 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 esse 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 . Na medida em 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 dessa pilha é composto de zinco metálico em forma de um copinho que, durante o funcionamento do dispositivo, oxida a $Zn^{2+}_{(aq)}$. 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.

Com isso, as pilhas ecologicamente corretas podem ser descartadas em lixo comum. 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.

A figura a seguir mostra um esquema de um dispositivo de Leclanché.

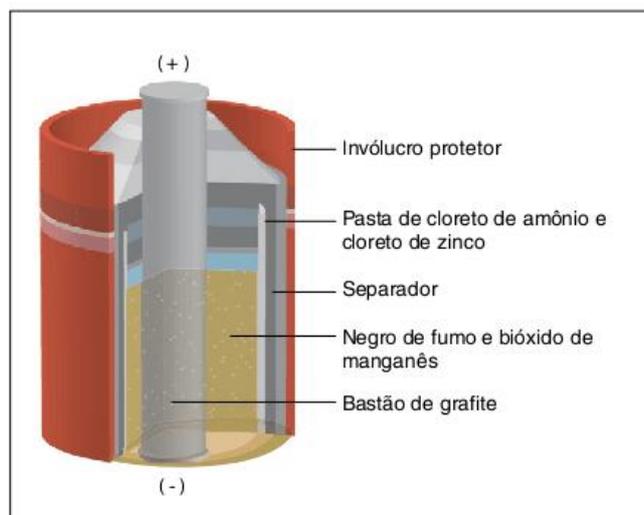
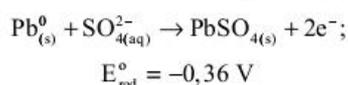


Fig. 13 Visão interna da pilha seca, ou pilha de Leclanché.

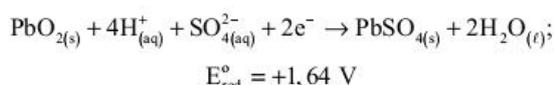
Bateria de carro

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. Mas 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:

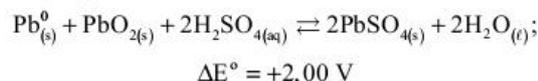


Meia-reação de redução/ cátodo/ polo positivo:



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 $1,30 \text{ g/cm}^3$. Na medida em 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 6 desses dispositivos em série, totalizando 12V. 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.



Fig. 14 Bateria de carro parcialmente aberta, mostrando as placas de Pb intercaladas com placas de PbO_2 . Há seis células em série, totalizando 12 V.



Fig. 15 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. Mas, ao invés 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^+ . Em cada um dos dois compartimentos que existem nas extremidades, há duas válvulas, em que uma é a de entrada e a outra é a de saída. Veja na figura a seguir.

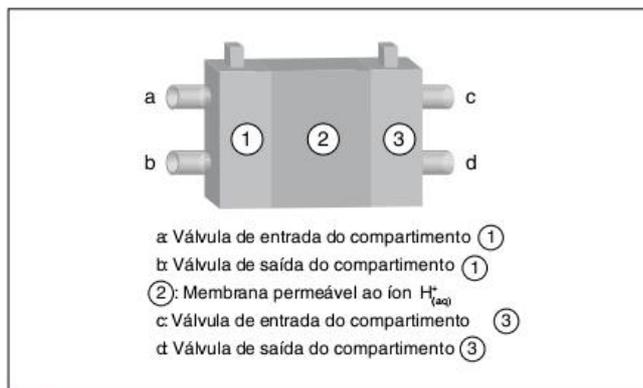
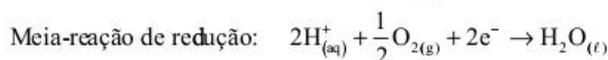
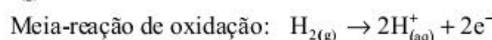


Fig. 16 Aparelhagem da célula combustível.

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 2, 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 ao invés de se obter energia térmica pelo contato direto entre combustível e comburente, obtém-se energia elétrica, como se mostra na figura a seguir.

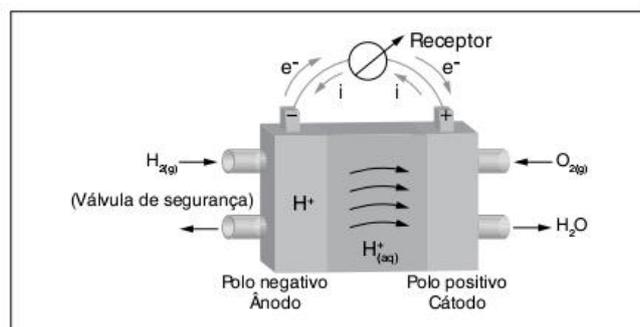
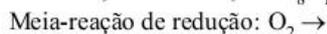
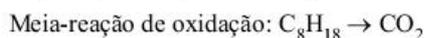


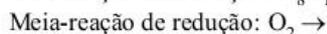
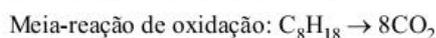
Fig. 17 Funcionamento da célula combustível de hidrogênio.

É importante dizer que a maior vantagem do uso da célula combustível de hidrogênio é que o único resíduo que ela elimina por seu funcionamento e 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.

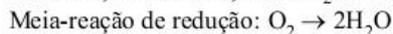
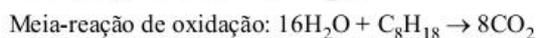
E se o combustível disponível não for o hidrogênio? Pode-se, perfeitamente, construir células combustíveis com outras substâncias. Observe como ficaria se o combustível disponível fosse o principal componente da gasolina:



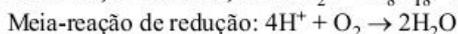
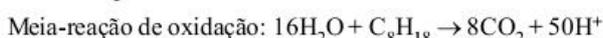
Para se completar as meias-reações, deve-se primeiramente equilibrar quem não é O e nem H.



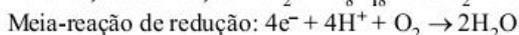
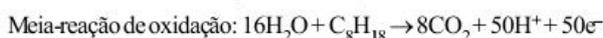
Deve-se equilibrar os O com H_2O :



Deve-se equilibrar os H com H⁺:

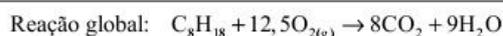
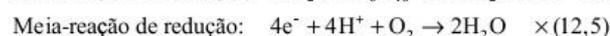


Finalmente, deve-se equilibrar cargas com e⁻:



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.

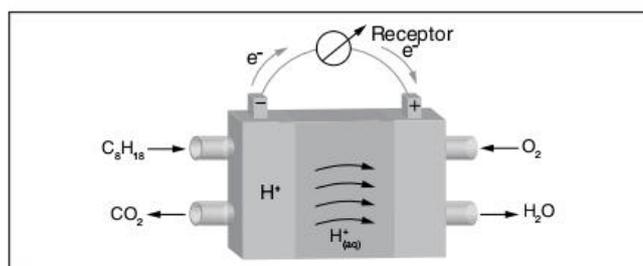


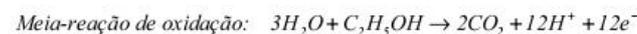
Fig. 18 Funcionamento da célula combustível de isoctano.

Exercício resolvido

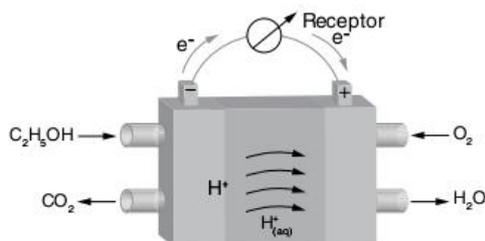
4 Para uma célula combustível de álcool etílico, escreva a meia-reação de oxidação, a meia-reação de redução, a reação global e desenhe o dispositivo de funcionamento.

Resolução:

Aplicando o método do íon-elétron, tem-se:

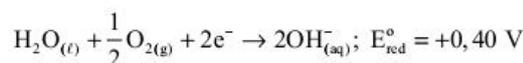


O dispositivo pode ser esquematizado da seguinte forma:



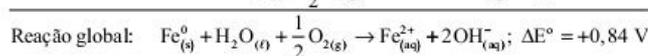
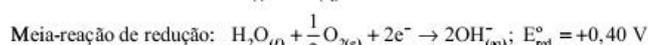
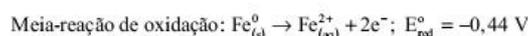
Formação de ferrugem

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 no caso da oxidação do ferro.



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.

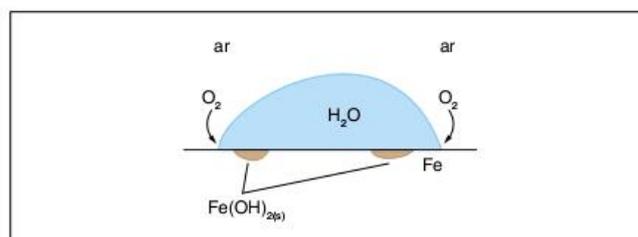
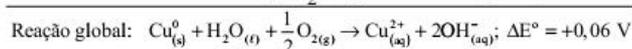
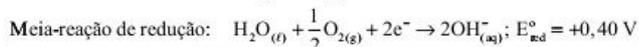
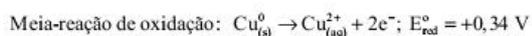


Fig. 19 Esquema de formação de ferrugem a partir do contato de ferro metálico com ar úmido.



Fig. 20 Formação de ferrugem pela ação do ar úmido ou da água aerada.

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 $\text{Cu}(\text{OH})_{2(s)}$. Pela ação do dióxido de carbono presente no ar atmosférico ($\text{CO}_{2(g)}$), ocorre a reação entre um óxido ácido e uma base, segundo a equação:



O sólido de fórmula $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_{2(s)}$ 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 $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_{2(s)}$, 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.



Fig. 21 Cúpula da Opera House de Paris, recoberta por $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_{2(s)}$



Fig. 22 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

O ar atmosférico úmido tem ação destrutiva sobre 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 resistem à corrosão imposta pelo contato com o ar úmido? A resposta é simples: porque teríamos que usar metais nobres como prata e ouro, por exemplo, 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 barato, 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 conseqüentemente, devem ser substituídos periodicamente.



Fig. 23 Magnésio metálico parcialmente corroído, sendo utilizado como metal de sacrifício em casco de navio.



Fig. 24 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 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 que tem um péssimo grau de proteção. Isso ocorre porque o óxido de ferro (ferrugem) é pouco aderente ao metal e é extremamente poroso, o que torna o isolamento pouco 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 sim, 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 o contato da peça com o ar atmosférico; ou ligar à peça a ser protegida uma bateria externa, para que essa force a formação de ferrugem, a acontecer em sentido inverso do natural.

Eletrolises

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 eletrolises 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.

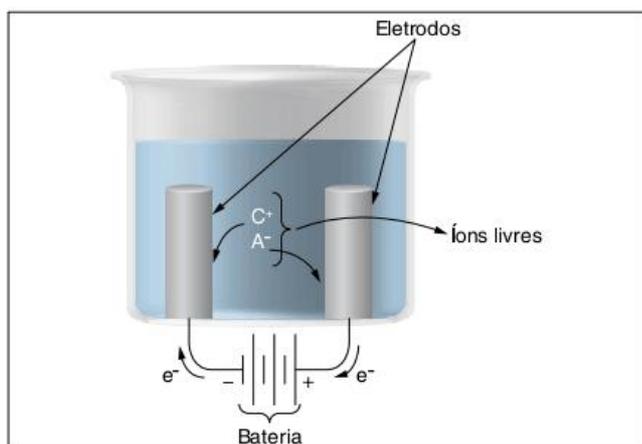
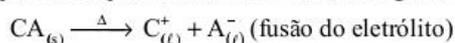


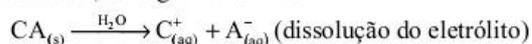
Fig. 25 Esquema de uma cuba eletrolítica.

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.

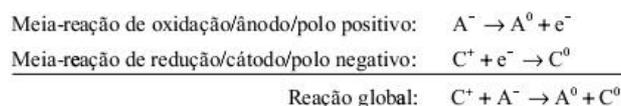
Entretanto, compostos iônicos sólidos não conduzem corrente, pois os íons estão presos. Para que os íons passem a ser livres, é preciso que se provoque a fusão do composto. Para tanto, é necessário aquecer o sistema até que o ponto de fusão do composto iônico seja atingido, o que pode ultrapassar os 500 °C. Por esse motivo, eletrolises sem água, em que o eletrólito não é uma solução aquosa, são chamadas de **eletrolises 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:

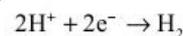
- O ânodo é sempre o local eletroquímico da oxidação, bem como o cátodo é sempre o local eletroquímico da redução. Mas, nas pilhas, o ânodo é o polo negativo, enquanto o cátodo é o polo positivo. Já nas eletrolises ocorre inversão de polaridade, ou seja, o ânodo é o polo positivo, enquanto o cátodo é 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 eletrolises ígneas são muito mais fáceis de equacionar do que as eletrolises em solução aquosa. Nas eletrolises ígneas só há um cátion para descarregar no polo negativo e apenas um ânion para descarregar no polo positivo. Nas eletrolises 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 e deve ser memorizada.

H⁺ tem a preferência de descarga sobre 1A (grupo 1), 2A (grupo 2) e Al³⁺.

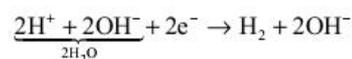
OH⁻ tem a preferência de descarga sobre F⁻ e ânions oxigenados.

- 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 eletrolises.

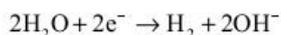
Para o H⁺, temos:



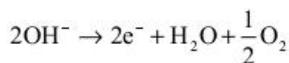
Entretanto, quando o H⁺ provém da água, a meia-reação de descarga deve partir da água. Para tanto, deve-se somar à meia-reação anterior, 2OH⁻ em ambos os membros:



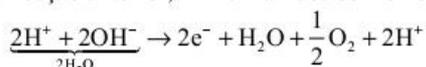
Assim:



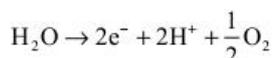
Para o OH^- , temos:



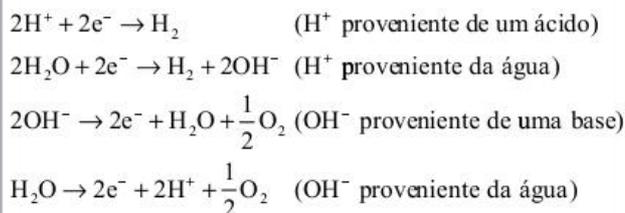
Entretanto, quando o OH^- provém da água, a meia-reação de descarga deve partir da água. Para tanto, deve-se somar à meia-reação anterior, 2H^+ em ambos os membros:



Assim:

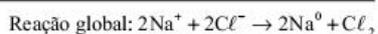
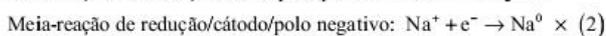
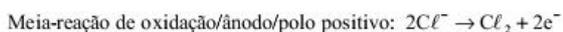


Portanto, a descarga dos íons da água pode ser resumida de acordo com o quadro a seguir.



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°C , que é a temperatura de fusão do NaCl . O gás cloro obtido é utilizado para inúmeros fins: matéria-prima para tubos de PVC, matéria-prima para água sanitária, 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\$ 250,00/kg, pelo menos). Foi graças às eletrólises ígneas que Humphry Davy obteve, pela primeira vez, metais alcalinos e alcalino-terrosos na forma metálica. Veja a seguir um esquema dessa eletrólise.

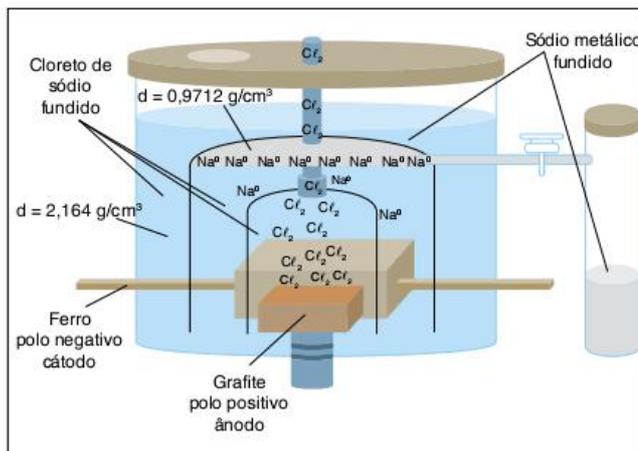


Fig. 26 Esquema da eletrólise do NaCl fundido.

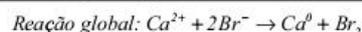
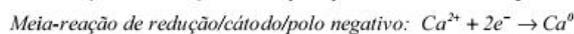
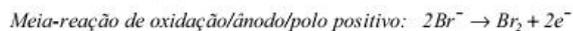
Exercício resolvido

5 Escreva a meia-reação de oxidação, a meia-reação de redução e a reação global para as eletrólises ígneas dos compostos a seguir.

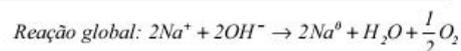
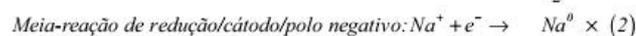
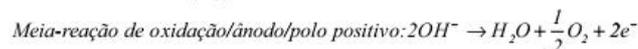
- CaBr_2
- NaOH

Resolução:

a) Para o $\text{CaBr}_{2(l)}$, tem-se:



b) Para o $\text{NaOH}_{(l)}$, tem-se:

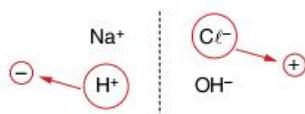


Nesse caso, há produção de água durante a eletrólise. Contudo, devido à alta temperatura de operação desse procedimento, a água formada está na forma de vapor e escapa para fora do eletrólito. Assim, a eletrólise ocorre toda sem a participação da água, ou seja, o processo não se torna uma eletrólise em solução aquosa.

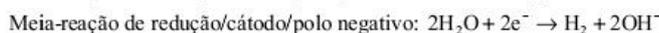
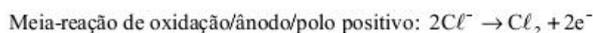
Eletrólise em solução aquosa com eletrodos inertes

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 $\text{NaCl}_{(aq)}$. Para essa eletrólise, dentro da cuba

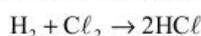
eletrolítica existem os íons do eletrólito ($\text{Na}^+_{(\text{aq})}$ e $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$), os íons da água ($\text{H}^+_{(\text{aq})}$ e $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$). De acordo com a tabela de preferência de descargas, tem-se:



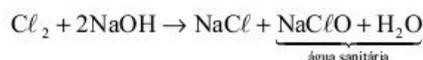
Como o íon $\text{H}^+_{(\text{aq})}$ é proveniente da água, as meias-reações dessa eletrólise são:



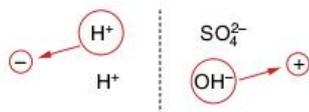
Portanto, a partir de $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$, é possível obter gás hidrogênio (que pode ser usado como combustível) e gás cloro. A combinação dos dois gases em um maçarico especial é o principal método de obtenção do HCl , através da reação de equação:



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:

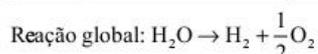
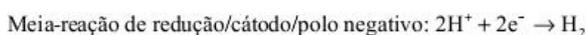
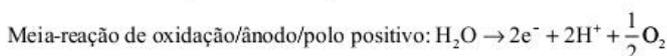


Outra eletrólise fundamental para a indústria química é a do $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$. Os íons em solução são os do ácido e os da água. A preferência de descargas é mostrada no esquema a seguir.



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 desse. 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:



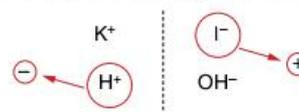
Perceba, pela equação da reação global, que a eletrólise é fundamentalmente da água. O ácido sulfúrico não participa da reação global e, portanto, não é consumido ao longo do processo. Entretanto, sem a sua presença na cuba eletrolítica, a eletrólise não ocorreria, porque a água pura não é um meio condutor. 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 nesse mesmo capítulo.

Exercício resolvido

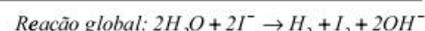
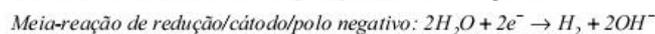
6 Para a eletrólise de uma solução aquosa de iodeto de potássio com eletrodos de grafite, escreva a meia-reação de oxidação, a meia-reação de redução e a reação global. Após isso, preveja as cores da solução aquosa ao redor dos eletrodos depois de algum tempo de eletrólise, caso haja fenolftaleína e 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:

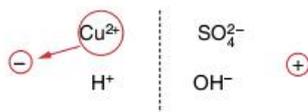


No polo positivo, a interação do iodo com o amido forma um complexo de coloração azul-marinho intenso. No polo negativo, a formação de OH^- deixa a fenolftaleína rosa. Essa eletrólise tem uma importância histórica muito grande, pois era a eletrólise que Michael Faraday usava como exemplo experimental 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.

Eletrolise em solução aquosa com eletrodos ativos

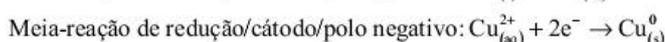
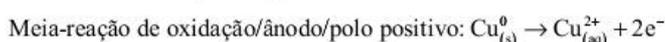
Quando o eletrodo não é de grafite ou de platina, na grande maioria das vezes ele participa da reação global da eletrólise e, portanto, é chamado de eletrodo ativo. As eletrólises com eletrodos ativos mais comuns são as que ocorrem com eletrodos metálicos. Para melhor compreensão sobre esse tema, analisaremos 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 SO_4^{2-} e o íon OH^- . A tabela de preferência de descargas aponta que a descarga será primordialmente dos íons OH^- . 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:



Reação global: Não há reação

A intensidade da coloração azul dessa solução depende da concentração de íons Cu^{2+} . 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, tem-se o que se mostra no esquema a seguir.

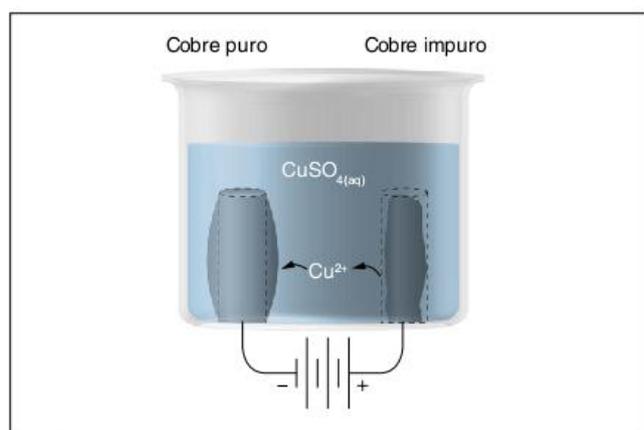


Fig. 27 Esquema da eletrólise de $\text{CuSO}_4(\text{aq})$, com eletrodos de cobre metálico.

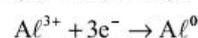
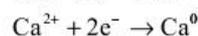
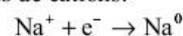
Para esse procedimento específico, coloca-se um eletrodo de cobre metálico impuro no polo positivo. Quando a bateria captura os elétrons do cobre metálico, as impurezas incrustadas perdem o envoltório de cobre e caem na base do eletrodo do polo positivo. A impureza tem um aspecto de pó escuro, misturado 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 Cu^{2+} 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.

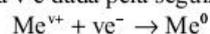
No polo positivo, pode-se colocar metais como cobalto, cromo, níquel e muitos outros. No eletrodo do polo negativo, deve-se colocar um objeto que se deseja galvanizar por eletrodeposição (o zinco não é um metal adequado para se fazer galvanizações por eletrodeposição, pois sua galvanização deve ser feita em banho de zinco fundido, como visto anteriormente nesse mesmo 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. É, portanto, por eletrodeposição que se dá banho de cromo em objetos de ferro (cromaço), ou banho de níquel (niquelação).

Eletrólise 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 nesse 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:

$$Q_{1 \text{ mol de elétrons}} = (6,02 \cdot 10^{23}) \cdot \left(\frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}{\text{carga elementar}} \right) \cong 96.500 \text{ C}$$

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, que vale, aproximadamente, 96.500 C.

Assim:

$$M_{\text{Me}} : vF$$

$$m_{\text{Me}} : Q$$

A massa do metal Me eletrodepositada ou corroída em um eletrodo pelo qual passa uma carga Q é dada por:

$$m_{Me} = \frac{1}{F} \cdot \frac{M_{Me}}{v} \cdot i \cdot t$$

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 $Q_N = \frac{m_N}{M_N} \cdot v_N \cdot F = n_N \cdot v_N \cdot F$, então, para cubas eletrolíticas em série, tem-se que o produto do número de mols eletrodepositados em cada cuba pela valência do que eletrodeposou é constante.

$$n_I \cdot v_I = n_{II} \cdot v_{II} = \dots = n_N \cdot v_N$$

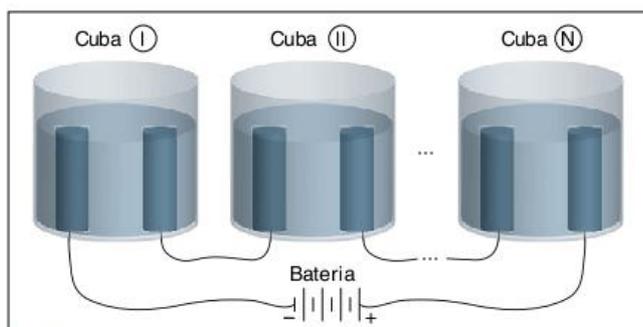


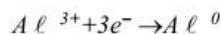
Fig. 28 Cubas eletrolíticas em série.

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 2A durante um dia completo. Dado: $M_{Al} = 27 \text{ g/mol}$.

Resolução:

A descarga do íon alumínio pode ser representada pela meia-reação:



Portanto:

$$1 \text{ mol de } Al^0 : 3 \text{ mols de } e^-$$

$$27 \text{ g de } Al^0 : 3F = 3 \cdot 96.500 \text{ C}$$

$$m_{Me} : Q = i \cdot t$$

Assim:

$$m_{Al} = \frac{1}{96.500} \cdot \frac{27}{3} \cdot 2 \cdot 24 \cdot 3.600 \therefore m_{Al} = 16,12 \text{ g}$$

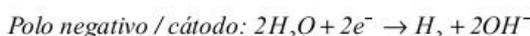
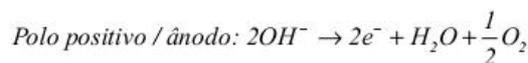
A corrente de 2A é o dobro da que circula pelos fios da rede elétrica residencial em nosso país. E, mesmo após um dia inteiro de funcionamento, a massa de alumínio metálico obtida

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.

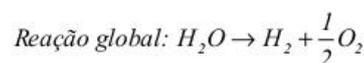
8 Uma célula eletrolítica fechada, usada para a produção de uma mistura gasosa de H_2 e O_2 , possui dois eletrodos inertes, imersos em uma solução diluída de NaOH. No volume livre de 4,5 L, acima da solução, há uma válvula com um manômetro, indicando 1 atm. A temperatura da célula é mantida constante em 27 °C. No início da eletrólise, a válvula é fechada, sendo fornecida à célula uma corrente constante de 30 A. Qual o intervalo de tempo para a leitura do manômetro atingir 2,64 atm?

Resolução:

Para a eletrólise do $NaOH_{(aq)}$ com eletrodos inertes, a preferência de descarga dos íons resulta nas seguintes meia-reações:



Portanto, a reação global é dada por:



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:

$$1,5 \text{ mol de gases } \left(H_2 + \frac{1}{2}O_2 \right) : 2 \text{ mols de } e^-$$

Assim:

$$1,5 \text{ mol de gases} : 2 \cdot 96.500 \text{ C}$$

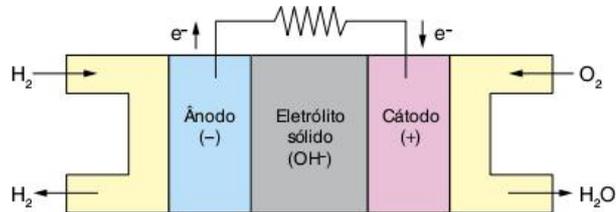
$$0,3 \text{ mol de gases} : i \cdot t$$

Logo:

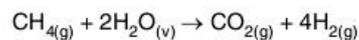
$$30 \cdot t = \frac{0,3}{1,5} \cdot 2 \cdot 96.500 \therefore t = \frac{1.286,7s}{60 \text{ s/min}} \therefore t = 21,4 \text{ min}$$

Revisando

1 Uerj (Adapt.) 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.



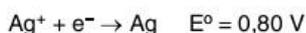
Considere os valores a seguir, relativos ao funcionamento da célula sob condições padrão:

Potenciais de redução dos eletrodos (V)	
$2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(g)} + 2\text{OH}^-_{(aq)}$	-0,83
$\text{O}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-_{(aq)}$	0,40

Entalpias de formação (kJ mol^{-1})	
$\text{CH}_{4(g)}$	-75
$\text{H}_2\text{O}_{(v)}$	-241
$\text{CO}_{2(g)}$	-394

Calcule a força eletromotriz, em volts, da célula a combustível e a variação de entalpia, em kJ, da reação de obtenção do hidrogênio.

2 UFSCar Dentre os elementos, há alguns com grande tendência à oxidação, como sódio, enquanto outros, como platina, são muito resistentes à oxidação. Um valor que indica a tendência à oxidação ou à redução é o potencial padrão de redução, E^0 , que pode ser obtido experimentalmente e é representado em semirreações, como exemplificado a seguir.



Em reações de oxidação e de redução, há fluxo de elétrons e, quando isso gera energia, forma-se uma pilha, fonte de energia bastante comum nos dias de hoje.

Considere uma pilha formada a partir de lítio e prata em seus estados de oxidação mais comuns.

a) Escreva a equação global da reação dessa pilha.

b) Calcule a diferença de potencial desta pilha, em condições padrão.

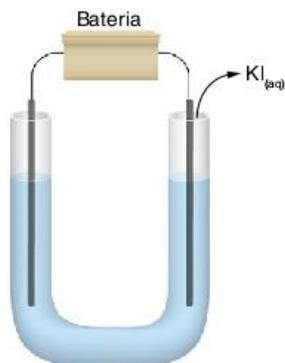
3 Unicamp Ao contrário do que muitos pensam, a medalha de ouro da Olimpíada de Beijing é feita de prata, sendo apenas recoberta com uma fina camada de ouro obtida por deposição eletrolítica. Na eletrólise, a medalha cunhada em prata atua como o eletrodo em que o ouro se deposita. A solução eletrolítica 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: Constante de Faraday = $96.500 \text{ coulomb} \cdot \text{mol}^{-1}$; $1 \text{ ampère} = 1 \text{ coulomb} \cdot \text{s}^{-1}$.

4 UFMG (Adapt.) Uma solução aquosa de iodeto de potássio, $KI_{(aq)}$, é eletrólise num tubo em U, como representado nesta figura ao lado.



O material de que cada um dos eletrodos é constituído não reage durante a eletrólise.

Iniciado o processo, pode-se observar:

- em um dos eletrodos, uma rápida formação de bolhas de um gás; e, ao mesmo tempo,
- no outro eletrodo, o aparecimento de uma leve coloração amarelada, que, progressivamente, vai escurecendo até atingir um tom castanho-avermelhado.

Nesta tabela, apresentam-se valores de potenciais de redução associados a possíveis espécies presentes nessa solução aquosa de KI.

Semirreação	E° / V
$K^+_{(aq)} + e^- \rightarrow K_{(s)}$	-2,92
$H_2O_{(l)} + e^- \rightarrow \frac{1}{2} H_{2(g)} + OH^-_{(aq)}$	-0,83
$I_{2(aq)} + 2e^- \rightarrow 2I^-_{(aq)}$	+0,54
$\frac{1}{2} O_{2(g)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_2O_{(l)}$	+1,23

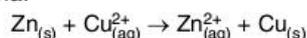
Sabe-se que a coloração amarelada, observada em um dos eletrodos, indica a presença de $I_{2(aq)}$.

- Na eletrólise ocorrida, o elemento iodo sofre oxidação ou redução?
- Na eletrólise ocorrida, a formação de gás, no outro eletrodo, resulta de oxidação ou de redução?
- Represente as duas semirreações ocorridas na eletrólise e a equação balanceada da reação global.
- Calcule a força eletromotriz associada a essa reação global.
- Explique por que é impossível a obtenção de potássio metálico, $K_{(s)}$, em solução aquosa. Para tanto, use valores apropriados de potencial de redução/oxidação.

Exercícios propostos

Pilhas e baterias

1 Unesp A equação seguinte indica as reações que ocorrem em uma pilha:



Podemos afirmar que:

- o zinco metálico é o cátodo.
- o íon cobre sofre oxidação.
- o zinco metálico sofre aumento de massa.
- o cobre é o agente redutor.
- os elétrons passam dos átomos de zinco metálico aos íons de cobre.

2 UFPI Pesquisas têm mostrado que os resíduos de desalinizadores contêm alto teor de cloreto (Cl^-) que podem, por processo industrial eletroquímico, usando uma fonte de corrente elétrica, gerar cloro (Cl_2) para desinfecção de água de abastecimento. A reação direta no sistema acontece conforme segue-se:



Analise as afirmativas quanto ao processo eletroquímico e marque a opção correta.

- O processo industrial é de natureza galvânica.
- O cloro é obtido no cátodo.
- Os elétrons fluem do cátodo para o ânodo.
- O cloro é obtido da reação de oxidação.
- A reação secundária de formação do hidrogênio acontece no ânodo.

3 Cesgranrio 2011 A parte da química que estuda o relacionamento entre a corrente elétrica e as reações químicas é a eletroquímica. A primeira pilha foi criada em 1800 por Alessandro Volta. Essa pilha utilizava discos de cobre e zinco, separados por algodão embebido em solução salina. Em 1836, John Frederick Daniell construiu uma pilha com eletrodos de cobre e zinco, mas cada eletrodo ficava em uma cela individual, o que aumentava a eficiência da pilha, pois ela possuía um tubo que ligava as duas cubas. Essa pilha ficou conhecida como pilha de Daniell.

A nomenclatura atribuída a esse tubo foi:

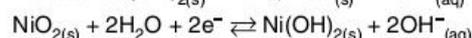
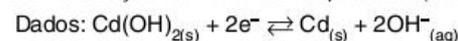
- ânodo.
- cátodo.
- ponte salina.
- ponte de hidrogênio.
- circuito externo.

4 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.

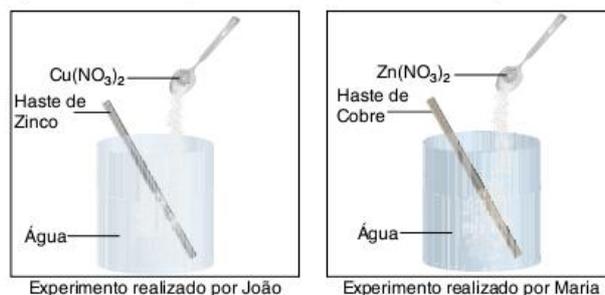
Raphael Hakime. "Lixo telefônico". In: *Superinteressante*, ed. 243, set. 2007.

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).



- Quais são os agentes redutor e oxidante existentes nessa pilha?
- Qual é a reação global dessa pilha?

5 UFMG João e Maria estavam fazendo experiências no Laboratório de Química. Nestas figuras, estão representados, esquematicamente, os materiais então utilizados por eles:



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), $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, são azuis e que as de nitrato de zinco (II), $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, são incolores. Considerando-se os dois experimentos descritos, é correto afirmar que:

- João obteve uma solução aquosa de nitrato de zinco.
- Maria obteve uma solução aquosa de nitrato de cobre.
- o cobre metálico é oxidado na dissolução do nitrato de zinco.
- o precipitado formado na dissolução do nitrato de cobre (II) é zinco metálico.

6 Fuvest Deseja-se distinguir, experimentalmente, o estanho do zinco. Para tal, foram feitos três experimentos.

Dados:

Metal (Me)	Densidade a 20 °C (g/cm ³)	$E^\circ_{\text{red}} (\text{Me}^{2+}, \text{Me})\text{V}$
Sn	7,29	-0,14
Zn	7,14	-0,76
Fe	—	-0,44

- Determinou-se a densidade de um dos metais, a 20 °C, com margem de erro de 3% e achou-se o valor 7,2 g/cm³.
 - Colocou-se, separadamente, cada um dos metais em uma solução aquosa de ácido clorídrico, de concentração 1 mol/L.
 - Colocou-se, separadamente, cada um dos metais em uma solução aquosa de sulfato ferroso, de concentração 1 mol/L.
- Para cada um dos experimentos, com base nos dados fornecidos, explique se foi possível ou não distinguir um metal do outro.

7 UFRJ As pilhas alcalinas têm sido largamente utilizadas devido à sua durabilidade. Um exemplo desse tipo de pilha é a de níquel-cádmio, que pode ser representada pela reação:

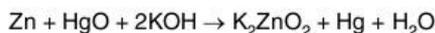


em solução de KOH.

- Escreva a semirreação que ocorre no ânodo dessa pilha.
- Determine a massa de hidróxido de níquel II produzida quando reagem $6 \cdot 10^{23}$ átomos de cádmio.

Dados: Massas atômicas Ni = 58,7 u; O = 16 u; H = 1 u.

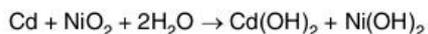
8 Mackenzie A equação a seguir representa a reação que ocorre num certo tipo de pilha.



Podemos concluir que:

- o Zn atua como oxidante.
- o mercúrio, no óxido de mercúrio II, sofre oxidação, recebendo dois elétrons.
- o potencial de redução do Zn^{2+}/Zn é menor que o do Hg^{2+}/Hg .
- o hidróxido de potássio atua como redutor.
- o número de elétrons envolvidos na redução e na oxidação não é o mesmo.

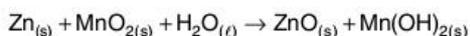
9 PUC-MG A bateria de níquel-cádmio é muito utilizada em filmadoras, *flashes*, aparelhos portáteis, telefones. A reação global que ocorre durante a sua descarga é:



Sobre essa bateria, todas as afirmativas estão corretas, exceto:

- O níquel sofre abaixamento de seu número de oxidação.
- O NiO_2 funciona como o redutor.
- O cádmio funciona como o ânodo da bateria.
- O hidrogênio não varia seu número de oxidação.
- O Cd sofre oxidação.

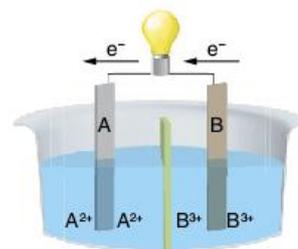
10 Udesc 2012 Uma importante aplicação das células galvânicas é seu uso nas fontes portáteis de energia a que chamamos de baterias. Considerando a reação espontânea de uma bateria alcalina descrita abaixo, é correto afirmar que:



- zinc metálico é o agente redutor, pois sofreu redução no ânodo, perdendo dois elétrons.
- o óxido de manganês sofre oxidação no cátodo, ao ganhar dois elétrons.

- o óxido de manganês sofre redução no ânodo, ao ganhar dois elétrons.
- zinc metálico é o agente redutor, pois sofreu oxidação no cátodo, perdendo dois elétrons.
- zinc metálico é o agente redutor, pois sofreu oxidação no ânodo, perdendo dois elétrons.

11 UEPG Sobre a pilha esquematizada a seguir, assinale o que for correto.



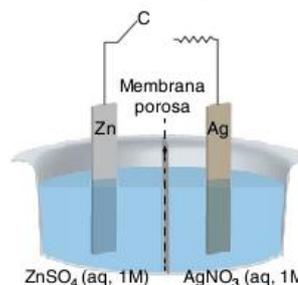
- Seu funcionamento diminui a concentração de íons B^{3+} .
 - O eletrodo B sofre oxidação.
 - O eletrodo A é denominado cátodo.
 - A equação global é dada por $2\text{B}_{(s)} + 3\text{A}^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2\text{B}^{3+}_{(aq)} + 3\text{A}_{(s)}$.
 - O eletrodo B sofre corrosão.
- Soma =

12 UFMG Um fio de ferro e um fio de prata foram imersos em um mesmo recipiente contendo uma solução de sulfato de cobre (II), de cor azul. Após algum tempo, observou-se que o fio de ferro ficou coberto por uma camada de cobre metálico, o de prata permaneceu inalterado e a solução adquiriu uma coloração amarelada.

Com relação a essas observações, é correto afirmar que:

- a oxidação do ferro metálico é mais fácil que a do cobre metálico.
- a solução ficou amarelada devido à presença dos íons Cu^{2+} .
- a substituição do sulfato de cobre (II) pelo cloreto de cobre (II) não levaria às mesmas observações.
- o cobre metálico se depositou sobre o ferro por este ser menos reativo que a prata.

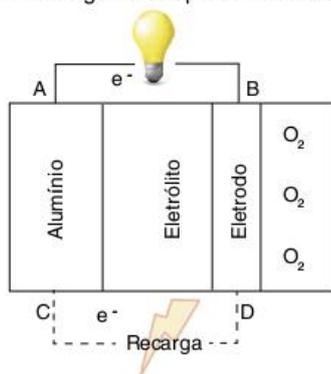
13 ITA Este teste se refere ao elemento galvânico esquematizado a seguir. Assinale a afirmação falsa em relação ao que vai ocorrer quando a chave C for ligada.



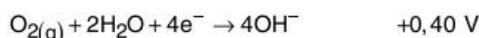
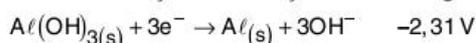
- A corrente elétrica convencional vai circular no sentido anti-horário.
- Elétrons irão circular pelo fio da esquerda para a direita.

- (c) Ânions nitrato vão migrar, através da membrana porosa, da direita para a esquerda.
- (d) A concentração de $ZnSO_4$ do lado esquerdo vai aumentar.
- (e) Cátions de zinco vão migrar, através da membrana porosa, da esquerda para a direita.

14 UFRJ 2011 O alumínio é o metal com maior índice de reciclagem no lixo urbano, e o Brasil é o campeão mundial de reciclagem de alumínio, recuperando mais de 96% das latas descartadas. Uma das aplicações mais interessantes para o alumínio é sua utilização em pilhas alumínio-oxigênio. Essas pilhas são muito compactas e têm grande capacidade de gerar energia, embora apresentem baixa eficiência de recarga. Uma pilha alumínio-oxigênio é representada a seguir.



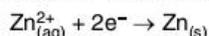
Considere as semirreações de redução dadas a seguir:



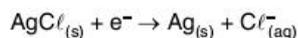
- a) Escreva a equação e calcule a força eletromotriz da pilha alumínio-oxigênio.
- b) Indique o sentido do fluxo de elétrons durante a recarga da pilha. Justifique sua resposta.

ddp e espontaneidade

15 PUC-RJ 2012 A partir dos valores de potencial padrão de redução apresentados abaixo, o potencial padrão do sistema formado por um anodo de Zn/Zn^{2+} e um catodo de $Ag/AgCl$ seria:



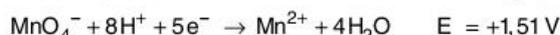
$E^\circ = -0,76 V$ versus eletrodo padrão de hidrogênio



$E^\circ = +0,20 V$ versus eletrodo padrão de hidrogênio

- (a) -1,32 V
- (b) -1,16 V
- (c) -0,36 V
- (d) +0,56 V
- (e) +0,96 V

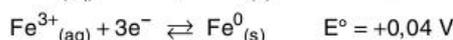
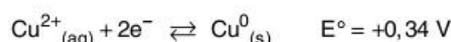
16 Udesc 2012 Uma pilha de permanganato é baseada nas semirreações e nos seus respectivos potenciais padrões de redução mostrados abaixo:



Assinale a alternativa correta.

- (a) O zinco metálico é o cátodo.
- (b) O íon permanganato, MnO_4^- , é o agente redutor.
- (c) O estado de oxidação do manganês no íon permanganato é +4.
- (d) A tensão produzida por esta pilha em condições padrão é +2,27 V.
- (e) A tensão produzida por esta pilha em condições padrão é 0,75 V.

17 PUC-RJ 2013 A uma solução aquosa de sulfato de cobre de coloração azul introduz-se um prego de ferro. Após alguns minutos, nota-se, na parte externa do prego, coloração avermelhada indicando que ocorreu uma reação. Os potenciais-padrão de redução do cobre e do ferro são indicados abaixo:

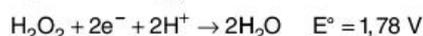
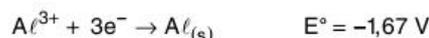


Sobre a espontaneidade deste fenômeno, é correto:

- (a) o íon Cu^{2+} sofrer oxidação.
- (b) o íon Fe^{3+} sofrer redução.
- (c) o cobre metálico (Cu^0) transferir elétrons ao íon ferro (Fe^{3+}).
- (d) o íon Cu^{2+} ser o agente oxidante.
- (e) a diferença de potencial-padrão da pilha que se forma ser +0,38 V.

18 UEL 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:



- 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.

19 Espcex (Aman) 2013 Considere as semirreações com os seus respectivos potenciais-padrão de redução dados nesta tabela:

Prata	$\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}^0_{(\text{s})}$	$E^\circ_{\text{red}} = +0,80 \text{ V}$
Cobre	$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0_{(\text{s})}$	$E^\circ_{\text{red}} = +0,34 \text{ V}$
Chumbo	$\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}^0_{(\text{s})}$	$E^\circ_{\text{red}} = -0,13 \text{ V}$
Níquel	$\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}^0_{(\text{s})}$	$E^\circ_{\text{red}} = -0,24 \text{ V}$
Zinco	$\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}^0_{(\text{s})}$	$E^\circ_{\text{red}} = -0,76 \text{ V}$
Magnésio	$\text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}^0_{(\text{s})}$	$E^\circ_{\text{red}} = -2,37 \text{ V}$

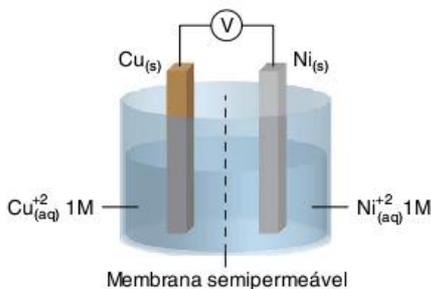
Baseando-se nos dados fornecidos, são feitas as seguintes afirmações.

- O melhor agente redutor apresentado na tabela é a prata;
- A reação $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{Cu}^0_{(\text{s})} \rightarrow \text{Zn}^0_{(\text{s})} + \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ não é espontânea;
- Pode-se estocar, por tempo indeterminado, uma solução de nitrato de níquel II, em um recipiente revestido de zinco, sem danificá-lo, pois não haverá reação entre a solução estocada e o revestimento de zinco do recipiente;
- A força eletromotriz de uma pilha eletroquímica formada por chumbo e magnésio é 2,24 V.
- Uma pilha eletroquímica montada com eletrodos de cobre e prata possui a equação global: $2\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{Cu}^0_{(\text{s})} \rightarrow 2\text{Ag}^0_{(\text{s})} + \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$

Das afirmações anteriores, estão corretas apenas:

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

20 Unesp 2012 Um estudante montou a célula eletroquímica ilustrada na figura, com eletrodos de $\text{Cu}_{(\text{s})}$ e $\text{Ni}_{(\text{s})}$ de massas conhecidas.

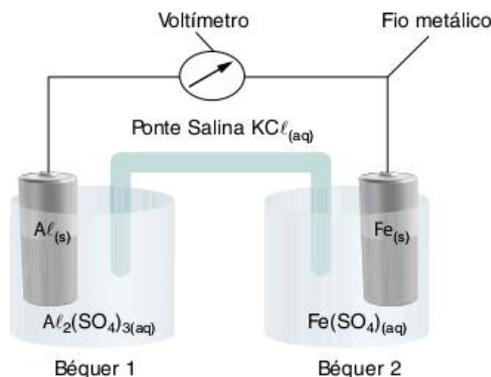


A 25 °C e 1 atm, quando as duas semicélulas foram ligadas entre si, a célula completa funcionou como uma célula galvânica com $\Delta E = 0,59 \text{ V}$. A reação prosseguiu durante a noite e, no dia seguinte, os eletrodos foram pesados. O eletrodo de níquel estava mais leve e o eletrodo de cobre mais pesado, em relação às suas massas iniciais.

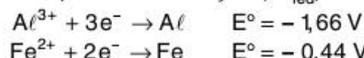
Considerando $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$ e $E^\circ_{\text{red}} = +0,34 \text{ V}$, escreva a equação da reação espontânea que ocorre na pilha representada na figura e calcule o potencial de redução da semicélula de Ni^{2+}/Ni . Defina qual eletrodo é o cátodo e qual eletrodo é o ânodo.

21 Espcex (Aman) 2012 Considere o esquema a seguir, que representa uma pilha, no qual foi colocado um voltímetro e uma ponte salina contendo uma solução saturada de cloreto de potássio. No Béquero 1, correspondente ao eletrodo de alumínio,

está imersa uma placa de alumínio em uma solução aquosa de sulfato de alumínio (1 mol.L^{-1}) e no Béquero 2, correspondente ao eletrodo de ferro, está imersa uma placa de ferro em uma solução aquosa de sulfato de ferro (1 mol.L^{-1}). Os dois metais, de dimensões idênticas, estão unidos por um fio metálico.



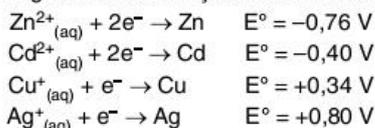
Dados: Potenciais-padrão de redução (E°_{red}) a 1 atm e 25 °C:



Considerando essa pilha e os dados, indique a afirmativa correta.

- A placa de ferro perde massa, isto é, sofre "corrosão".
- A diferença de potencial registrada pelo voltímetro é de 1,22 V (volts).
- O eletrodo de alumínio é o cátodo.
- O potencial-padrão de oxidação do alumínio é menor que o potencial-padrão de oxidação do ferro.
- À medida que a reação ocorre, os cátions K^+ da ponte salina se dirigem para o béquero que contém a solução de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

22 UFPR A corrosão de metais é um grande desafio para os moradores de cidades litorâneas. Nos processos químicos de transferência de elétrons, os metais sofrem oxidação e o produto se desprende, fragilizando a estrutura. Sobre o assunto, considere as seguintes semirreações e afirmativas.



- Na reação entre as semicelas de prata e cádmio em que a prata sofre oxidação, o processo é espontâneo.
- Na reação espontânea entre as semicelas de cobre e cádmio, o eletrodo de cádmio será o ânodo.
- Na reação espontânea entre as semicelas de zinco e cobre, o eletrodo de cobre será o positivo.
- A semirreação de zinco é a que tem maior potencial-padrão de redução.

Assinale a alternativa correta.

- As afirmativas 1, 2, 3 e 4 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 1 e 4 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 2, 3 e 4 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
- Somente a afirmativa 3 é verdadeira.

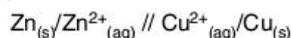
23 PUC-SP Um aluno realizou uma série de testes envolvendo reações de óxido-redução em solução aquosa. Em uma síntese de suas observações, o aluno anotou:

- O metal zinco (Zn) reage com solução diluída de HCl;
- O metal estanho (Sn) reage com solução aquosa de HCl;
- O metal prata (Ag) não reage com solução aquosa de HCl;
- O metal estanho (Sn) não reage com solução aquosa de íons Zn²⁺.

Analisando os dados obtidos pelos alunos, a pilha de maior ddp que se pode obter a partir das espécies analisadas é:

- (a) cátodo: Pt, H⁺ (1 mol/L)/H₂
ânodo: Sn/Sn²⁺ (1 mol/L)
- (b) cátodo: Zn²⁺ (1 mol/L)/Zn
ânodo: Ag/Ag⁺ (1 mol/L)
- (c) cátodo: Sn²⁺ (1 mol/L)/Zn
ânodo: Zn/Zn²⁺ (1 mol/L)
- (d) cátodo: Ag⁺ (1 mol/L)/Ag
ânodo: Sn/Sn²⁺ (1 mol/L)
- (e) cátodo: Ag⁺ (1 mol/L)/Ag
ânodo: Zn/Zn²⁺ (1 mol/L)

24 UEL A clássica célula galvânica ou pilha de Daniell é representada por:



No laboratório de uma escola, o professor e seus alunos fizeram duas alterações nesta pilha. A primeira foi substituir o eletrodo de zinco por alumínio e a segunda foi substituir o eletrodo de zinco por níquel. A concentração dos íons nas células foi 1 mol/L.

Elemento	Potencial de redução (25 °C, 1 atm)
Zinco	-0,76 V
Cobre	0,34 V
Alumínio	-1,66 V
Níquel	-0,25 V

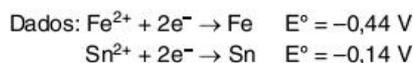
Com base nos dados anteriores e nos conhecimentos sobre o assunto, considere as afirmativas a seguir.

- I. A pilha de Daniell gera maior energia que a pilha de Al//Cu.
- II. A quantidade de elétrons transferidos na pilha de Daniell é menor que na pilha Al//Cu.
- III. Nas três pilhas, o eletrodo de cobre é o que recebe elétrons.
- IV. Entre as três pilhas, a pilha de Ni/Cu é a que gera a menor energia.

Assinale a alternativa correta.

- (a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- (b) Somente as afirmativas I e III são corretas.
- (c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- (d) Somente as afirmativas I, II e IV são corretas.
- (e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

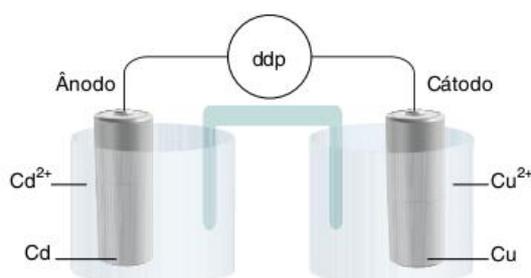
25 UEPG As latas de conserva são compostas pela chamada folha de flandres (liga de ferro e carbono), recoberta por uma camada de estanho, para a sua proteção. Deve-se evitar comprar latas amassadas, porque, com o impacto, a proteção de estanho pode romper-se, o que leva à formação de uma pilha, de modo que a conserva acaba sendo contaminada.



A respeito deste assunto, assinale o que for correto.

- 01 A reação da pilha produz quatro elétrons.
 - 02 O ferro da folha de flandres oxida mais facilmente que a camada de estanho.
 - 04 Quando uma lata é amassada, o ferro torna-se catodo da reação.
 - 08 A reação da pilha é Sn²⁺ + Fe → Sn + Fe²⁺
- Soma =

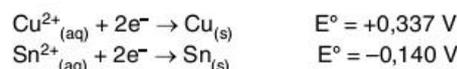
26 PUC-Rio Considere o esquema a seguir que representa uma pilha constituída de metal cobre em solução aquosa de sulfato de cobre e metal cádmio em solução de sulfato de cádmio.



Uma tabela fornece a informação de que os potenciais-padrões de redução do Cu²⁺ e do Cd²⁺ são, respectivamente, +0,34 V e -0,40 V e que a prata é um elemento mais nobre que o cobre. Assinale a opção que mostra a ordem decrescente de facilidade de oxidação dos três metais citados e a diferença de potencial (ddp) da pilha indicada na figura.

- (a) Cu > Ag > Cd; -0,74 V
- (b) Cd > Cu > Ag; +0,74 V
- (c) Ag > Cu > Cd; -0,06 V
- (d) Cd > Cu > Ag; +0,06 V
- (e) Ag > Cd > Cu; -0,74 V

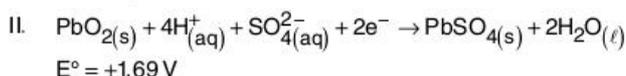
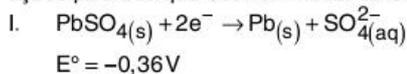
27 UEG Uma solução de 1 mol L⁻¹ de Cu(NO₃)₂ é colocada em uma proveta com uma lâmina de cobre metálico. Outra solução de 1 mol L⁻¹ de SnSO₄ é colocada em uma segunda proveta com uma lâmina de estanho metálico. Os dois eletrodos metálicos são conectados por fios a um voltímetro, enquanto as duas provetas são conectadas por uma ponte salina. Considerando os potenciais-padrão de redução listados a seguir, responda ao que se pede.



- a) Dê o potencial registrado no voltímetro, justificando sua resposta.
- b) Escreva a equação que representa o processo que ocorre nesse sistema e, em seguida, aponte o eletrodo que ganhará e aquele que perderá massa no decorrer da reação.

Tipos de pilha e corrosão

28 Udesc 2012 As baterias classificadas como células secundárias são aquelas em que a reação química é reversível, possibilitando a recarga da bateria. Até pouco tempo atrás, a célula secundária mais comum foi a bateria de chumbo/ácido, que ainda é empregada em carros e outros veículos. As semirreações padrões que ocorrem nesta bateria são descritas abaixo:



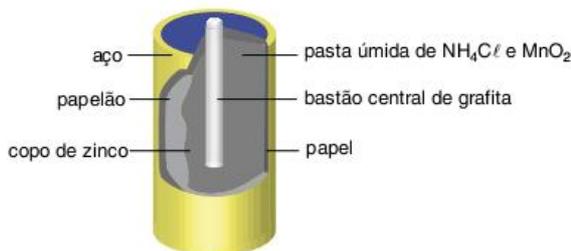
Considerando a reação de célula espontânea, assinale a alternativa que apresenta a direção da semirreação I e seu eletrodo; a direção da semirreação II e seu eletrodo; e o potencial-padrão da bateria, respectivamente.

- direção direta no ânodo; direção inversa no cátodo; +1,33 V
- direção inversa no ânodo; direção direta no cátodo; +2,05 V
- direção inversa no cátodo; direção direta no ânodo; +2,05 V
- direção direta no ânodo; direção inversa no cátodo; +2,05 V
- direção inversa no ânodo; direção direta no cátodo; +1,33 V

29 PUC-RJ 2012 O uso dos tachos (grandes panelas) de cobre na fabricação de doces caseiros foi proibido recentemente pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, pois quantidades relativamente elevadas de cobre (potencial padrão de redução de +0,34 V) no organismo podem estar relacionadas com o mal de Alzheimer. Quando exposto ao ar, uma camada verde azulada de óxidos do metal (Cu_2O e CuO) se forma na superfície dos tachos, podendo se desprender e ser incorporado ao doce. Sobre o cobre e seus óxidos, é correto afirmar que:

- os números de oxidação do elemento cobre no Cu_2O e no CuO são respectivamente 4+ e 2+.
- o metal cobre é um bom condutor de eletricidade, mas é um mal condutor de calor.
- o Cu_2O é isóbaro do CuO .
- comparado à prata, o cobre é um elemento mais eletronegativo.
- uma camada de prata (potencial padrão de redução de +0,80 V) aplicada na superfície de uma chapa de cobre atua como metal de sacrifício, isto é, oxida preferencialmente em relação ao cobre.

30 Fatec Boa parte do lixo eletrônico é constituída pelas pilhas comuns. São elas as principais fontes dos elementos zinco e manganês presentes nesse tipo de lixo. A figura mostra os principais componentes de uma pilha comum nova e sem uso.



O quadro seguinte mostra o que acontece com os constituintes de uma pilha comum, logo após sua utilização e depois de alguns meses exposta ao ambiente.

Componente da pilha	Período logo após sua utilização	Depois de alguns meses exposta ao ambiente
Invólucro de aço	Permanece intacto.	Torna-se enferrujado.
Papelão que separa o invólucro de aço do copo de zinco	Permanece intacto.	Fica manchado, úmido e sem resistência.
Copo de zinco	Permanece aparentemente intacto, mas com massa menor.	Boa parte do metal é corroída, aparecendo buracos no copo; o metal que resta fica recoberto por ZnO .
Papel que separa o copo de zinco da pasta úmida	Permanece intacto.	Desfaz-se.
Bastão de grafita	Permanece intacto.	Torna-se mais poroso e quebradiço.
Pasta úmida	Diminui a quantidade de MnO_2 e de NH_4Cl ; passa a conter também Mn_2O_3 , ZnCl_2 e NH_3 .	Diminui mais ainda a quantidade de MnO_2 e de NH_4Cl ; passa a conter também ZnO , $\text{Mn}(\text{OH})_2$ e outras substâncias.

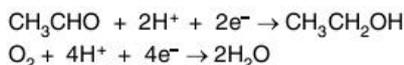
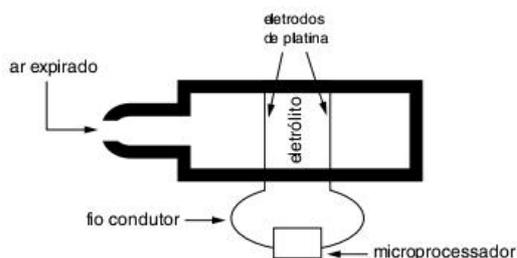
Analisando-se essas informações, pode-se concluir que:

- ocorrem transformações químicas durante o uso da pilha e após seu descarte no ambiente;
- quanto antes uma pilha usada for encaminhada para reciclagem, maiores serão as quantidades de componentes originais que poderão ser recuperadas;
- quando depositadas no lixo comum, as pilhas comuns não acarretam riscos para o ambiente, uma vez que são biodegradáveis.

É correto o que se afirma apenas em:

- I
- II
- III
- I e II
- II e III

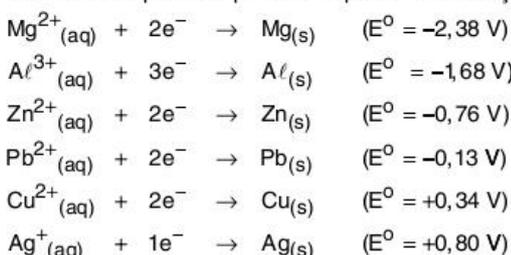
31 Unifesp A "Lei Seca", de 19 de junho de 2008, tornou mais severas as punições para motoristas flagrados dirigindo após a ingestão de bebida alcoólica. A maioria dos etilômetros portáteis ("bafômetros", esquema representado na figura), utilizados pela autoridade policial, baseia-se em medidas eletroquímicas, 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.



Fonte: <www.portal.mec.gov.br/seb/arquivos>. (Adapt.).

- 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.

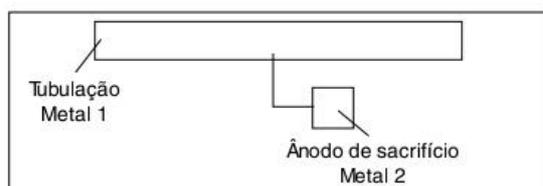
32 UF 2012 A corrosão metálica é a oxidação não desejada de um metal. Ela diminui a vida útil de produtos de aço, tais como pontes e automóveis, e a substituição do metal corroído acarreta, todos os anos, grande gasto de dinheiro em todo o mundo. A corrosão é um processo eletroquímico, e a série eletroquímica nos dá uma indicação de por que a corrosão ocorre e como pode ser prevenida. Para a proteção de certas peças metálicas podem-se colocar pedaços de outro metal usado como metal de sacrifício. Assim, considerando alguns metais com seus respectivos potenciais-padrão de redução:



Qual o mais adequado para ser usado como metal de sacrifício se a peça a ser protegida for de alumínio?

- $\text{Ag}_{(\text{s})}$
- $\text{Zn}_{(\text{s})}$
- $\text{Pb}_{(\text{s})}$
- $\text{Cu}_{(\text{s})}$
- $\text{Mg}_{(\text{s})}$

33 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° (V)
$\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}_{(\text{s})}$	-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

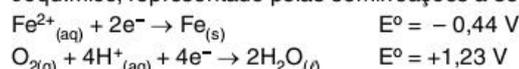
Usando a tabela de potenciais-padrão de redução, considere as seguintes afirmativas:

- 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.

34 UFSC A ferrugem é um processo de corrosão conhecido que pode causar impacto econômico significativo, pois boa parte do ferro produzido anualmente é utilizada para repor objetos de ferro descartados. Alguns fatores externos, como a presença de oxigênio, água e sais no meio, podem acelerar a formação da ferrugem ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), uma substância insolúvel em água. A corrosão do ferro é por natureza um processo eletroquímico, representado pelas semirreações a seguir:



De acordo com as informações acima, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

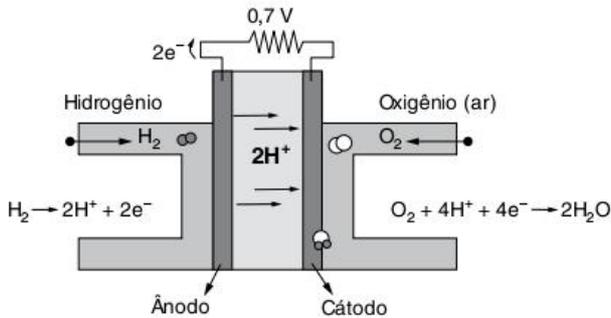
- O ferro metálico atua como cátodo neste processo de óxido-redução.
- A diferença de potencial elétrico padrão do processo de corrosão é +1,67 V.
- O ferro metálico é facilmente oxidado porque seu potencial padrão de redução é menos positivo que aquele para a redução do oxigênio.
- A diferença de potencial elétrico padrão do processo em questão é +0,79 V.
- No processo de oxidação do ferro metálico, o oxigênio atua como redutor.
- Na formação da ferrugem, íons $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$ são oxidados a $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$.

Soma =

35 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: $\text{H}_{2(\text{g})} + 1/2 \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$. 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.

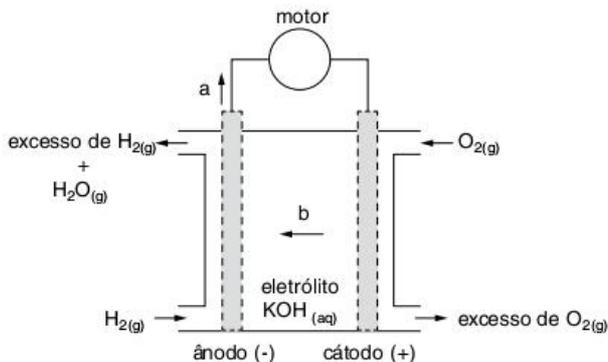


Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 Em uma célula de combustível de hidrogênio, o hidrogênio sofre redução e o oxigênio oxidação.
- 02 No ânodo, polo positivo, ocorre redução do hidrogênio.
- 04 O potencial gerado por uma célula combustível é negativo, assim podemos considerar que ocorre uma reação espontânea.
- 08 Para gerar uma maior ddp (diferença de potencial), seria necessário construir uma bateria contendo células combustíveis arranjadas em série.
- 16 Na célula combustível, os elétrons fluem do polo negativo para o polo positivo.
- 32 O catalisador acelera as reações químicas entre o oxigênio e o hidrogênio.
- 64 O hidrogênio é o comburente e necessita estar armazenado; o oxigênio é o combustível e vem do ar atmosférico.

Soma =

36 Fuvest 2011 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 $\text{KOH}_{(aq)}$, 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^+ .

37 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)
$\text{Li}^+ + e^- \rightarrow \text{Li}$	-3,05
$\text{K}^+ + e^- \rightarrow \text{K}$	-2,93
$\text{Mg}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Mg}$	-2,36
$\text{Al}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Al}$	-1,66
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34

Disponível em: <www.sucatas.com>. Acesso em: 28 fev. 2012. (Adapt.).

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?

- (a) Somente o lítio, pois ele possui o menor potencial de redução.
- (b) Somente o cobre, pois ele possui o maior potencial de redução.
- (c) Somente o potássio, pois ele possui potencial de redução mais próximo do magnésio.
- (d) Somente o cobre e o zinco, pois eles sofrem oxidação mais facilmente que o alumínio.
- (e) Somente o lítio e o potássio, pois seus potenciais de redução são menores do que o do alumínio.

38 PUC-MG Como as baterias, as pilhas a combustível são sistemas de conversão de energia química em energia elétrica. Entretanto, enquanto as baterias convencionais se descarregam, as pilhas a combustível, devido ao fornecimento permanente de combustível e de comburente, permanecem uma fonte contínua de energia elétrica. A reação global que ocorre numa pilha a combustível é:

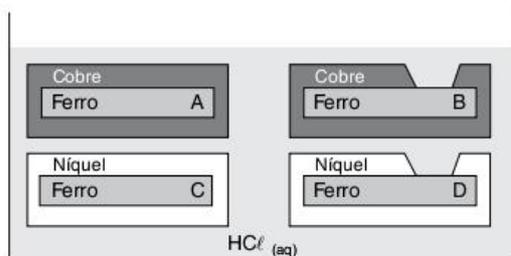


Durante o funcionamento de uma pilha a combustível, é correto afirmar que:

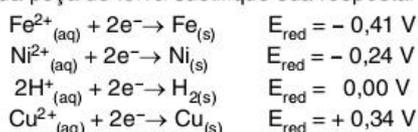
- o comburente é o hidrogênio.
- o hidrogênio reage no catodo.
- o oxigênio é oxidado no anodo.
- a reação é exotérmica.

39 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.

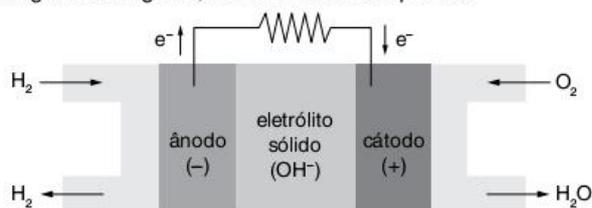
Em seguida, amostras de peças com defeitos (B e D) e sem defeitos (A e C), dos dois grupos, foram colocadas numa solução aquosa de ácido clorídrico, como mostra a figura a seguir.



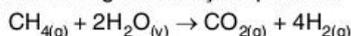
Com base nos potenciais-padrão de redução a seguir, ordene as peças A, B, C e D em ordem decrescente em termos da durabilidade da peça de ferro. Justifique sua resposta.



40 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)	
$2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})} + 2\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$	-0,83
$\text{O}_{2(\text{g})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$	0,40

Entalpias de formação ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)	
$\text{CH}_{4(\text{g})}$	-75
$\text{H}_2\text{O}_{(\text{v})}$	-241
$\text{CO}_{2(\text{g})}$	-394

Calcule a força eletromotriz, em volts, da célula a combustível e a variação de entalpia, em kJ, da reação de obtenção do hidrogênio.

Eletrólises

41 Uerj 2012 Em um experimento pioneiro, a cientista Marie Curie isolou a forma metálica do elemento químico rádio, por meio da eletrólise ígnea com eletrodos inertes do cloreto de rádio.

Nomeie o tipo de ligação interatômica presente no cloreto de rádio e escreva a equação química que representa a eletrólise desse composto.

42 UFRS Na eletrólise de nitrato de ferro II, em solução aquosa, ocorre:

- redução, no polo negativo, com formação de ferro metálico.
- oxidação, no polo negativo, com liberação de gás oxigênio.
- redução, no polo positivo, com liberação de gás oxigênio.
- oxidação, no polo positivo, com formação de gás NO_2 .
- redução, no polo negativo, com formação de gás hidrogênio.

43 Uece Assinale a alternativa correta.

- Na eletrólise de uma solução aquosa de NaCl , a solução torna-se ácida devido à formação de HCl .
- Na eletrólise de uma solução aquosa de sulfato de cobre, CuSO_4 , devem-se fornecer 2 mols de elétrons para que haja deposição de 63,5 g de cobre metálico.
- Na eletrólise de uma solução aquosa de ácido clorídrico, HCl , ocorre oxidação anódica de $\text{H}^{+}_{(\text{aq})}$.
- Eletrólise é um fenômeno que ocorre espontaneamente e produz corrente elétrica.

44 Mackenzie 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 ($3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$), 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 $2\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow 4\text{Al}^0 + 3\text{O}_2$
- a semirreação $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}^0$ ocorre no catodo da célula eletrolítica.
- no anodo 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.

45 UFSC Uma notícia circula na Internet, por *e-mails* e fóruns, sobre como seria possível enganar o bafômetro ingerindo-se uma mistura de Coca-Cola e gelo momentos antes de passar pelo teste do assopro. Seria possível confundir o aparelho com esta ingestão já que a mistura promove a liberação de hidrogênio, confundindo o sistema. Mesmo que você tenha ingerido uma grande quantidade de bebida alcoólica, continua a notícia, o teste vai dar negativo ou abaixo dos 0,02 mg/L. A explicação é a seguinte:

Isto acontece pelo fato de o hidrogênio liberado pelo gelo anular a maior parte da associação do álcool no ar do seu pulmão. Esta dica é velha e foi descoberta por estudantes de química americanos que tiveram que enfrentar o mesmo tipo de punição nos anos 70 e 80. A Coca-Cola, para que serve? Poxa, você não vai querer ser parado com um copo de whisky com gelo. Então, bota qualquer refrigerante, menos água, pois demora mais para retirar o hidrogênio do gelo.

Disponível em: <www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u430605.shtml>. Acesso em: 7 ago. 2008.

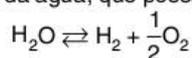
Considerando os textos anteriores e de acordo com o seu conhecimento químico, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 A informação é verdadeira porque, ao fundir, o gelo libera o hidrogênio presente na molécula de água.
- 02 Na eletrólise da água acidulada, no eletrodo positivo, obtém-se um gás que apresenta como uma de suas propriedades ser combustível.
- 04 O hidrogênio pode ser obtido quando se passa uma corrente elétrica (eletrólise) na água acidulada por ácido sulfúrico, através da seguinte equação global:

$$2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$$
- 08 0,02 mg/L significa que a massa do etanol é de 0,02 mg em cada litro de ar expirado.
- 16 O hidrogênio, por ser um comburente, poderá causar uma explosão quando a pessoa expirar próximo de uma chama.
- 32 A informação é incorreta, pois é impossível liberar hidrogênio nas condições citadas acima.

Soma =

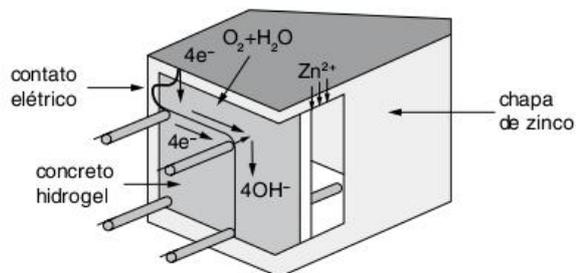
46 PUC-MG O hidrogênio é muito utilizado industrialmente para obtenção de amoníaco, metanol, ácido clorídrico, etc. É o elemento mais abundante do universo, mas ele se encontra em quantidade pequena na atmosfera terrestre. Um método de produção de hidrogênio no estado gasoso com alto grau de pureza é a partir da eletrólise da água, que possui como reação global:



Durante a eletrólise da água em meio eletrólito alcalino, é correto afirmar:

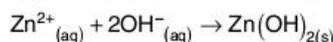
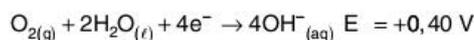
- (a) No ânodo, ocorre a reação: $2\text{OH}^- \rightarrow \frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$
- (b) No ânodo, ocorre a reação: $2\text{H}^+ + \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- (c) No cátodo, ocorre a reação: $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
- (d) No cátodo, ocorre a reação: $\text{H}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$

47 UFTM 2012 As estruturas de concreto dos edifícios têm no seu interior barras de aço que estão sujeitas à corrosão, pela ação do ar e da umidade. Metais mais reativos que o ferro do aço, como o zinco, podem ser inseridos nessas estruturas, garantindo sua integridade. Com isso, ocorre a formação de uma pilha, mas a ação de corrosão ocorre preferencialmente no zinco. A figura representa uma estrutura de concreto.



Disponível em: <www.revistatechnr.com.br>. (Adapt.).

Considere as equações:



- a) Na ausência de proteção pode ocorrer a formação do óxido de ferro III, um dos produtos da corrosão do ferro da estrutura de concreto. Escreva a fórmula deste óxido e indique o tipo de ligação química envolvida nesse composto.
- b) Considerando que o hidróxido de zinco é muito pouco solúvel, escreva a equação global e determine a diferença de potencial da pilha formada no processo de corrosão do zinco.

48 ITA 2012 São feitas as seguintes afirmações a respeito dos produtos formados preferencialmente em eletrodos eletroquimicamente inertes durante a eletrólise de sais inorgânicos fundidos ou de soluções aquosas de sais inorgânicos.

- I. Em CaCl_2 há formação de $\text{Ca}_{(s)}$ no catodo.
- II. Na solução aquosa $1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ em Na_2SO_4 há aumento do pH ao redor do anodo.
- III. Na solução aquosa $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ em AgNO_3 há formação de no anodo.
- IV. Em $\text{NaBr}_{(l)}$ há formação de $\text{Br}_{2(l)}$ no anodo.

Das afirmações acima, está(ão) errada(s) apenas:

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

49 UEPG Dentro de um béquer, dois eletrodos inertes de platina estão imersos em uma solução de cloreto de cobre em água. Esses eletrodos são então ligados a uma bateria externa, o que provoca a eletrólise da solução.

Acerca do sistema assim montado, assinale o que for correto.

- 01 Ocorre a liberação de cloro gasoso no ânodo.
- 02 Ocorre a formação de óxido de cobre (II) em um dos eletrodos e de ácido clorídrico gasoso no outro.
- 04 Não ocorre reação de oxidação-redução.
- 08 Ocorre a deposição de cobre no cátodo.

Soma =

50 Fatec Um dos grandes problemas do lixo eletrônico é o pequeno número de empresas que conhecem a tecnologia para a reciclagem de produtos como monitores e placas de circuito impresso. Uma empresa, com sede em Cingapura, conta como é seu processo de reciclagem:

Primeiramente separamos a sucata eletrônica por classe, efetuamos a destruição através da moagem e exportamos para a usina. Lá é feita uma desintoxicação (processo de elevação de temperatura em câmara selada a 1.200 °C e resfriamento em 4 segundos para 700 °C), filtragem de dioxinas, liquidação, separação por densidade, separação por eletrólise, decantação, refinagem e solidificação em barras.

Disponível em: <http://lixoeletronico.org/blog/o-ciclo-do-lixo-eletr%C3%B4nico-3-reciclagem>. Acesso em: 12 set. 2009. (Adapt.).

De acordo com o processo de reciclagem exposto são feitas as seguintes afirmações:

- I. A decantação é um processo de separação.
- II. A desintoxicação é um processo térmico com taxa de variação térmica, em módulo, na ordem de 125 °C por segundo.
- III. A eletrólise consiste num processo químico.

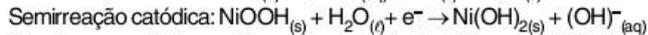
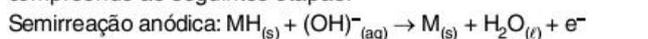
É correto o que se afirma em:

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

51 Fuvest A eletrólise de cloreto de sódio fundido produz sódio metálico e gás cloro. Nesse processo, cada íon:

- (a) sódio recebe dois elétrons.
- (b) cloreto recebe um elétron.
- (c) sódio recebe um elétron.
- (d) cloreto perde dois elétrons.
- (e) sódio perde um elétron.

52 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:



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 =

53 Fatec Obtém-se magnésio metálico por eletrólise do $MgCl_2$ fundido. Nesse processo, a semirreação que ocorre no cátodo é:

- (a) $Mg^{2+} + Mg^{2-} \rightarrow Mg$
- (b) $Mg^{2+} - 2e^- \rightarrow Mg$
- (c) $2Cl^- - 2e^- \rightarrow Cl_2$
- (d) $Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$
- (e) $2Cl^- + 2e^- \rightarrow Cl_2$

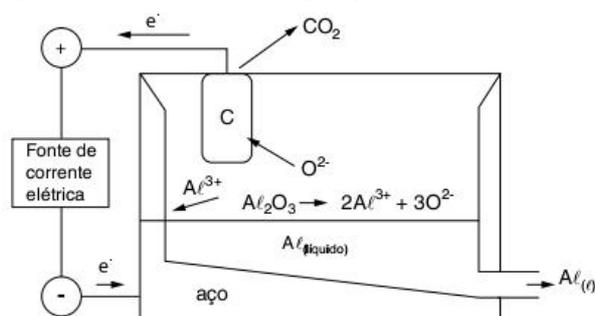
54 UEL Em qual das seguintes reações não há produção de hidrogênio, H_2 ?

- (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.

55 UnitaU Assinale a alternativa incorreta.

- (a) Eletrólise ígnea é a reação química provocada pela passagem de corrente elétrica através de um composto iônico fundido.
- (b) Eletrólise aquosa é a reação química provocada pela passagem de corrente elétrica por meio de uma solução aquosa e um eletrólito.
- (c) Com a eletrólise, podemos produzir substâncias na indústria química como soda cáustica e hipocloritos.
- (d) A ddp negativa indica que a reação é espontânea e que poderá ser usada para gerar corrente elétrica.
- (e) Na eletrólise de uma solução aquosa de KI, o íon iodeto, quando volta a ser átomo, perde um elétron.

56 FGV 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:



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:

- 4/3 e ânodo, onde ocorre a redução.
- 3/4 e ânodo, onde ocorre a oxidação.
- 4/3 e cátodo, onde ocorre a redução.
- 3/4 e cátodo, onde ocorre a redução.
- 3/4 e cátodo, onde ocorre a oxidação.

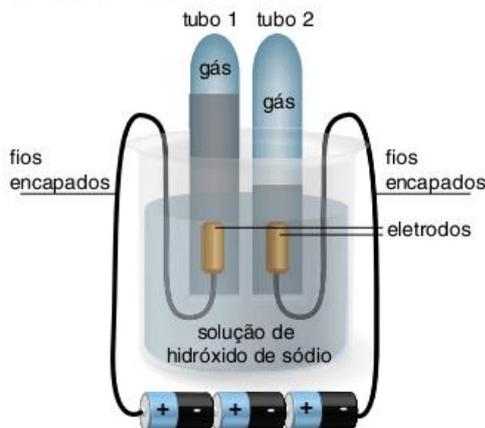
57 Fuvest Água, contendo Na_2SO_4 apenas para tornar o meio condutor e o indicador fenolftaleína, é eletrolisada com eletrodos inertes. Nesse processo, observa-se desprendimento de gás:

- de ambos os eletrodos e aparecimento de cor vermelha somente ao redor do eletrodo negativo.
- de ambos os eletrodos e aparecimento de cor vermelha somente ao redor do eletrodo positivo.
- somente do eletrodo negativo e aparecimento de cor vermelha ao redor do eletrodo positivo.
- somente do eletrodo positivo e aparecimento de cor vermelha ao redor do eletrodo negativo.
- de ambos os eletrodos e aparecimento de cor vermelha ao redor de ambos os eletrodos.

58 UEL Na obtenção de prata por eletrólise de solução aquosa de nitrato de prata, o metal se forma no:

- cátodo, por redução de íons Ag^+ .
- cátodo, por oxidação de íons Ag^+ .
- cátodo, por redução de átomos Ag .
- ânodo, por redução de íons Ag^+ .
- ânodo, por oxidação de átomos Ag .

59 UFG 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:

- identifique os gases formados nos tubos 1 e 2 e calcule os respectivos volumes nas CNTP, considerando a eletrólise de 36 gramas de água;
- escreva a reação de combustão do gás combustível formado em um dos tubos.

60 UFMG Um método industrial utilizado para preparar sódio metálico é a eletrólise de cloreto de sódio puro fundido. Com relação à preparação de sódio metálico, é incorreto afirmar que:

- a formação de sódio metálico ocorre no eletrodo negativo.
- a eletrólise é uma reação espontânea.
- a quantidade, em mol, de cloro (Cl_2) formada é menor que a de sódio metálico.
- a quantidade de sódio metálico obtido é proporcional à carga elétrica utilizada.

61 Faap Industrialmente, a soda cáustica (NaOH) é obtida da eletrólise de uma solução aquosa de cloreto de sódio. Durante essa eletrólise, obtém-se como subprodutos:

- hidrogênio e cloro no ânodo.
- somente hidrogênio no ânodo.
- somente cloro no cátodo.
- hidrogênio e cloro no cátodo.
- somente cloro no ânodo.

62 PUC-SP Dados:

	E(volts)
$\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-$	+2,87
$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	+1,36
$\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	+1,09
$\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-$	+0,54

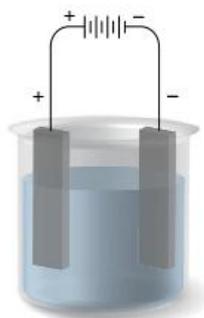
Facilidade de descarga na eletrólise: $\text{OH}^- > \text{F}^-$. Com base nos dados, pode-se afirmar que o único processo possível de obtenção do F_2 , a partir do NaF , é a:

- reação com cloro.
- reação com bromo.
- reação com iodo.
- eletrólise de $\text{NaF}_{(aq)}$.
- eletrólise de $\text{NaF}_{(l)}$.

63 UFTM 2012 Possivelmente, o cobre foi o primeiro metal usado pelo homem. Acredita-se que, por volta de 13000 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.

Disponível em: <www.eletrica.ufpr.br>. (Adapt.).

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 .



- a) Qual das placas representadas na figura corresponde ao cobre impuro? Justifique.
- b) Escreva as equações das reações químicas que ocorrem no cátodo e no ânodo, considerando somente as espécies de cobre.

64 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:

- (a) 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.
- (b) 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.
- (c) 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.
- (d) 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.

Texto para as questões 65 e 66.

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.

Fonte: <<http://umumble.com>>. (Adapt.).

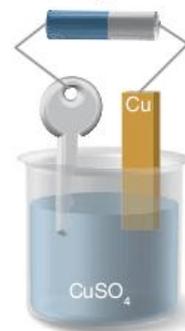
65 Unesp 2013 O processo de recobrimento das fatias de silício é conhecido como:

- (a) eletrocoagulação.
- (b) eletrólise ígnea.
- (c) eletrodeformação.
- (d) galvanoplastia.
- (e) anodização.

66 Unesp 2013 A semirreação na superfície da fatia de silício, cátodo, é representada por:

- (a) $\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_{2(\text{g})} + 4\text{H}^+ + \text{Cu}_{(\text{s})}$
- (b) $2\text{Cu}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Cu}_{(\text{s})} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$
- (c) $2\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{e}^-$
- (d) $\text{Si}_{(\text{s})} + 4\text{e}^- \rightarrow \text{Si}^{4+}_{(\text{s})}$
- (e) $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$

67 UFG 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:

- (a) redução dos íons $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$.
- (b) oxidação dos íons $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$.
- (c) redução do Cu metálico.
- (d) oxidação do metal da chave.
- (e) redução do metal da chave.

Leis de Faraday

68 IFPE 2012 O processo de eletrodeposição em peças metálicas como: talheres, instrumentos cirúrgicos, automóveis, não é utilizado apenas para embelezamento das mesmas, mas também para sua proteção contra a corrosão. Deseja-se niquelar 10 peças de aço idênticas utilizando-se uma solução de sulfato de níquel II. Para niquelar cada uma, gasta-se 1,18 g de níquel utilizando uma corrente elétrica de 38,6 A. Devido às dimensões reduzidas do equipamento, só é possível niquelar uma peça por vez. Desprezando o tempo necessário para colocação das peças no equipamento, assinale a alternativa que indica corretamente o tempo gasto para fazer a niquelação das 10 peças.

Dados: $1 F = 96.500 C$ e $Ni = 59 g/mol$.

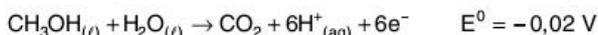
- (a) 16 min e 40 segundos
- (b) 20 min e 50 segundos
- (c) 42 min e 20 segundos
- (d) 35 min e 10 segundos
- (e) 14 min e 29 segundos

69 UFPE 2012 Na eletrólise da água do mar (equivalente a uma solução aquosa de $NaCl$), são passados 11 A (ampères) durante 10 horas. Nas condições de $25^\circ C$ e 1 atm de pressão, calcule o volume produzido (arredondado para o inteiro mais próximo), em L, de cloro gasoso (considerado como um gás ideal). Dados: $R = 0,082 atm.LK^{-1}.mol^{-1}$, $F = 96.500 C.mol^{-1}$. O volume molar de um gás ideal nas condições de $25^\circ C$ e 1 atm é de $24,4 L.mol^{-1}$.

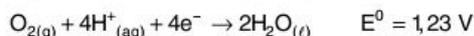
70 PUC-SP 2012 A célula combustível é um exemplo interessante de dispositivo para a obtenção de energia elétrica para veículos automotores, com uma eficiência superior aos motores de combustão interna.

Uma célula combustível que vem sendo desenvolvida utiliza o metanol como combustível. A reação ocorre na presença de água em meio ácido, contando com eletrodos de platina.

Para esse dispositivo, no eletrodo A ocorre a seguinte reação:



Enquanto que no eletrodo B ocorre o processo:



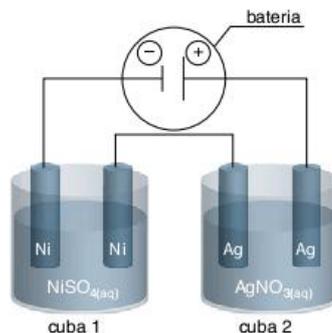
Para esse dispositivo, os polos dos eletrodos A e B, a ddp da pilha no estado padrão e a carga elétrica que percorre o circuito no consumo de 32 g de metanol são, respectivamente:

Dado: Constante de Faraday (F) = 96.500 C

- (a) negativo, positivo, $\Delta E^0 = 1,21 V$, $Q = 579.000 C$
- (b) negativo, positivo, $\Delta E^0 = 1,21 V$, $Q = 386.000 C$
- (c) negativo, positivo, $\Delta E^0 = 1,25 V$, $Q = 96.500 C$
- (d) positivo, negativo, $\Delta E^0 = 1,25 V$, $Q = 579.000 C$
- (e) positivo, negativo, $\Delta E^0 = 1,87 V$, $Q = 96.500 C$

71 Espcex (Aman) 2013 Duas cubas eletrolíticas distintas, uma contendo eletrodos de níquel (Ni) e solução aquosa de $NiSO_4$ e outra contendo eletrodos de prata (Ag) e solução

aquosa de $AgNO_3$, estão ligadas em série, conforme mostra a figura a seguir.

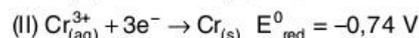
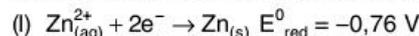


Esse conjunto de cubas em série é ligado a uma bateria durante um certo intervalo de tempo, sendo observado um incremento de 54 g de massa de prata em um dos eletrodos de prata. Desse modo, o incremento da massa de níquel em um dos eletrodos de níquel é de:

Dados: Constante de Faraday = 96.500 Coulombs/mol de elétrons; Massa molar do níquel = 59 g/mol; Massa molar da prata = 108 g/mol.

- (a) 59,32 g
- (b) 36,25 g
- (c) 14,75 g
- (d) 13,89 g
- (e) 12,45 g

72 UEM 2012 Dadas as semirreações e seus respectivos potenciais-padrão de redução (em volts, para soluções aquosas a 1,0 mol/L e $25^\circ C$), assinale o que for correto.



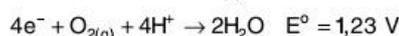
- 01 Considerando uma pilha montada com eletrodos de Zn e Cr, cujo funcionamento é baseado nas semirreações (I) e (II), a diferença de potencial dessa pilha é de $-0,2 V$.
- 02 O processo em galvanoplastia que usa a reação (II), para depositar $Cr_{(s)}$ sobre superfícies metálicas, chama-se niquelação.
- 04 O zinco é mais eletronegativo do que o cromo, pois a reação de redução do $Zn^{2+}_{(aq)}$ possui maior potencial de redução.
- 08 Uma pilha montada com eletrodos de Zn e Cr, cujo funcionamento é baseado nas semirreações (I) e (II), resulta na reação global $3Zn_{(s)} + 2Cr^{3+}_{(aq)} \rightarrow 3Zn^{2+}_{(aq)} + 2Cr_{(s)}$, que é espontânea no sentido indicado pela seta.
- 16 Considerando uma eletrólise com a reação (II), uma quantidade de carga equivalente a 6 mols de elétrons produzirá um depósito sólido de cromo equivalente a 2 mols de cromo.

Soma =

73 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 $63,5 g mol^{-1}$), em um eletrólito de sulfato de cobre (II). Qual a corrente, em Ampère, que deve ser aplicada para se obter 63,5 g de cobre puro em 26,8 horas? Dado: $F = 96.500 C mol^{-1}$.

74 UEL 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.

Dado: 1 mol de Ni = 58,7 g; 1 mol de O_2 = 32,0 g



Apresente os cálculos realizados na resolução da questão.

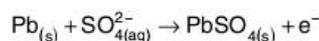
75 Uern 2012 Submetendo o cloreto de cálcio (CaCl_2) a uma eletrólise ígnea com uma corrente elétrica de intensidade igual a 20 ampères que atravessa uma cuba eletrolítica durante 1/4 da hora, o volume do gás cloro obtido é igual a:

- (a) 1,1 L
- (b) 2,1 L
- (c) 22,4 L
- (d) 44,8 L

76 Mackenzie 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; Massa molar (g/mol) Ni = 58,7

- (a) 9,65 A
- (b) 10,36 A
- (c) 15,32 A
- (d) 19,30 A
- (e) 28,95 A

77 Unioeste 2012 Uma bateria de chumbo de 10 A.h funciona durante meia hora fornecendo 10 A de corrente. Sabe-se que a Constante de Faraday é $96.500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$ e a reação não balanceada é:



Assinale alternativa que possui o número de mols de chumbo consumido.

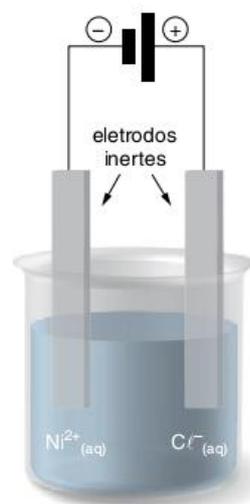
- (a) 0,187 mol
- (b) 0,481 mol
- (c) 0,093 mol
- (d) 0,041 mol
- (e) 0,047 mol

78 PUC-RJ 2012 Considerando $1 \text{ F} = 96.500 \text{ C}$ (quantidade de eletricidade relativa a 1 mol de elétrons), na eletrólise ígnea do cloreto de alumínio, AlCl_3 , a quantidade de eletricidade, em Coulomb, necessária para produzir 21,6 g de alumínio metálico é igual a:

- (a) 61.760 C
- (b) 154.400 C
- (c) 231.600 C
- (d) 308.800 C
- (e) 386.000 C

79 UFG 2012 Em metalurgia, um dos processos de purificação de metais é a eletrodeposição. Esse processo é representado pelo esquema abaixo, no qual dois eletrodos inertes são colocados em um recipiente que contém solução aquosa de NiCl_2 .

Dados: Constante de Faraday: 96.500 C/mol; Massa molar do Ni: 59 g/mol



Baseando-se no esquema apresentado:

- a) escreva as semirreações, que ocorrem no cátodo e no ânodo, e calcule a corrente elétrica necessária para depositar 30 g de $\text{Ni}_{(\text{s})}$ em um dos eletrodos durante um período de uma hora;
- b) calcule a massa de NiCl_2 , com excesso de 50%, necessária para garantir a eletrodeposição de 30 g de $\text{Ni}_{(\text{s})}$.

80 Espcex (Aman) 2012 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 1.930 segundos.

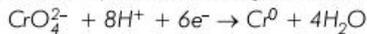
O volume do gás cloro, em litros, medido nas CNTP, e a massa de sódio, em gramas, obtidos nessa eletrólise, são, respectivamente:

Dados: Massa molar (g/mol): $\text{Cl} = 35,5$ e $\text{Na} = 23$; 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
- (b) 1,1355 L e 2,3 g
- (c) 2,3455 L e 4,5 g
- (d) 3,5614 L e 3,5 g
- (e) 4,5558 L e 4,8 g

81 Uepa 2012 Este ano foi noticiado pelo jornal Ventos do Norte que um aluno do ensino médio danificou um Opala Coupe, ano 1975, do professor de História de uma escola pública de Belém. Entre as peças mais danificadas estava o para-choque cromado. Ao levar para cromagem, o técnico da empresa explicou para o professor que para recuperar o para-choque, seria necessário um banho de crômio por 6h, e que neste processo ele utilizaria uma corrente de 10 A.

Para saber mais: O banho de crômio é uma solução aquosa de óxido de crômio VI (CrO_3). O CrO_3 em água forma o ácido crômico (H_2CrO_4), que é consumido durante a deposição do crômio metálico. A equação abaixo representa a redução do crômio:



LJTFI, Mansur. Os ferrados e os cromados. Ijuí: UNIJUÍ, 2005. (Adapt.).

Dados: Constante de Faraday = $9,65 \cdot 10^4$ C, Massa molar do crômio = 52 g/mol.

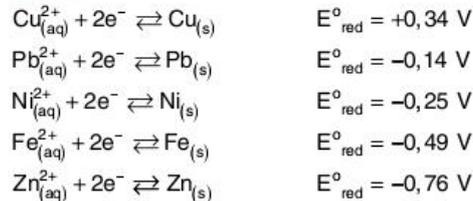
Com base no texto, julgue as afirmativas abaixo.

- I. O banho de crômio é um exemplo de eletrólise empregado em indústrias de galvanoplastia.
- II. A massa de crômio usada na recuperação do para-choque foi de 19,39 g.
- III. Na equação de redução o crômio VI perde 6 elétrons.
- IV. A redução do crômio ocorre no anodo.

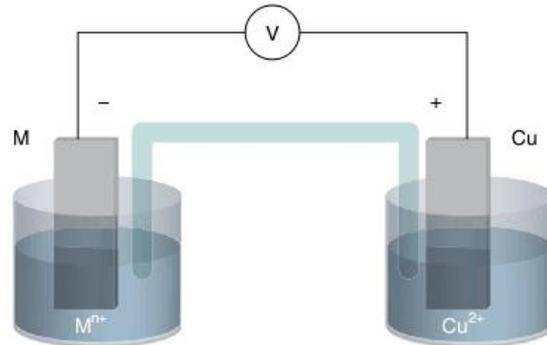
De acordo com as afirmativas acima, a alternativa correta é:

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

82 PUC-SP 2011 Dados: potenciais padrão de redução (E°_{red})



Em um estudo eletroquímico foram montadas 4 pilhas a partir de 4 pares redox distintos. Em todos os dispositivos, o cátodo era constituído de uma solução aquosa de íons Cu^{2+} de concentração 1,0 mol/L e um eletrodo de cobre metálico. O ânodo era constituído de um metal (M), diferente em cada dispositivo, imerso em solução do respectivo cátion (M^{n+}) também de 1,0 mol/L. A figura a seguir representa esquematicamente o aparato experimental.



Os metais utilizados como ânodo foram zinco, níquel, chumbo e ferro. Em cada experimento foram determinadas a ddp inicial da pilha e a quantidade de carga gerada pela pilha durante a corrosão de 1,00 g do ânodo. Nestas condições, pode-se dizer que o ânodo cuja pilha apresenta a maior ddp e o ânodo cuja pilha gera a maior quantidade de carga são formados, respectivamente, pelos metais:

- (a) Pb e Pb
 (b) Zn e Zn
 (c) Pb e Zn
 (d) Ni e Fe
 (e) Zn e Fe

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.



REPRODUÇÃO

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 molar e a atividade de um componente gasoso a sua pressão parcial.

Para a meia-reação $Zn_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}^0$, o potencial de redução é dado por:

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log Q \therefore E = -0,76 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{[Zn_{(aq)}^{2+}]}$$

Quando $[Zn_{(aq)}^{2+}] = 1 \text{ mol/L}$, o eletrodo está nas condições-padrão e, portanto, $E = E^\circ$.

Quando $[Zn_{(aq)}^{2+}] > 1 \text{ mol/L}$, $E > E^\circ$. 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 $[Zn_{(aq)}^{2+}] < 1 \text{ mol/L}$, $E < E^\circ$. 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 $[Zn_{(aq)}^{2+}] = 0,01 \text{ mol/L}$, então:

$$E = -0,76 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{[Zn_{(aq)}^{2+}]} \therefore$$

$$E = -0,76 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{10^{-2}}$$

$$E = -0,819 \text{ V}$$

Para a meia-reação $Cu_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}^0$, o potencial de redução é dado por:

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log Q \therefore E = +0,34 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{[Cu_{(aq)}^{2+}]}$$

Se $[Cu_{(aq)}^{2+}] = 4 \text{ mol/L}$, então:

$$E = +0,34 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{[Cu_{(aq)}^{2+}]} \therefore E = +0,34 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{4}$$

$$E = +0,358 \text{ V}$$

Assim como o esperado $E > E^\circ$.

Para a meia-reação $2H_{(aq)}^+ + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$, o potencial de redução é dado por:

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log Q \therefore E = 0 - \frac{0,059}{2} \log \frac{P_{H_{2(g)}}}{[H_{(aq)}^+]^2}$$

$$E = -\frac{0,059}{2} \log \frac{P_{H_{2(g)}}}{[H_{(aq)}^+]^2}$$

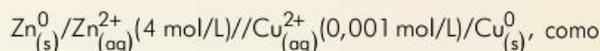
Para um eletrodo de hidrogênio com $P_{H_{2(g)}} = 0,01 \text{ atm}$ e $pH = 3$, então:

$$E = -\frac{0,059}{2} \log \frac{P_{H_{2(g)}}}{[H_{(aq)}^+]^2} \therefore E = -\frac{0,059}{2} \log \frac{10^{-2}}{[10^{-3}]^2} \therefore$$

$$E = -0,118 \text{ V}$$

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



se calcula ΔE ?

Primeiramente, deve-se calcular o potencial de redução de cada um dos dois eletrodos.

Para a meia-reação $Zn_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}^0$, o potencial de redução é dado por:

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log Q \therefore E = -0,76 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{4} \therefore$$

$$E = -0,742 \text{ V}$$

Para a meia-reação $Cu_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}^0$, o potencial de redução é dado por:

$$E = E^\circ - \frac{0,059}{n} \log Q \therefore E = +0,34 - \frac{0,059}{2} \log \frac{1}{10^{-3}} \therefore$$

$$E = +0,252 \text{ V}$$

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:

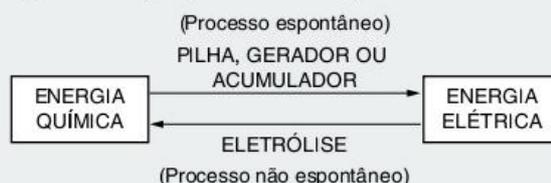
$$\Delta E = E_{\text{red, reduz}} - E_{\text{red, oxida}} \therefore$$

$$\Delta E = (+0,252) - (-0,742) \therefore$$

$$\Delta E = +0,994 \text{ V}$$

RESUMINDO

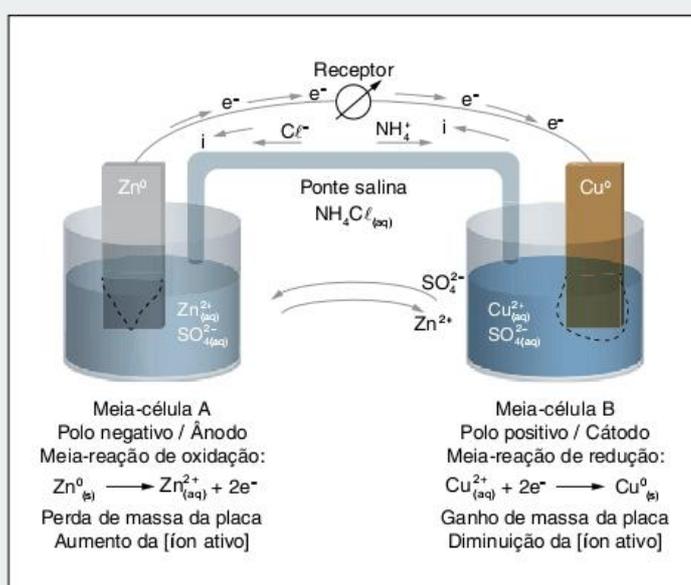
A Eletroquímica estuda as transformações de energia química em energia elétrica e vice-versa.



Pilha de Daniell

- O local eletroquímico da oxidação, seja em pilhas ou em eletrólises, é chamado de ânodo ou anodo.
- O local eletroquímico da redução, seja em pilhas ou 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:

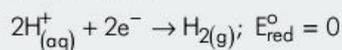


A maneira de se representar uma pilha de forma completa é padronizada e universal. Veja a representação da pilha de Daniell entre zinco e cobre:



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 de Daniell 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:

$$\Delta E^{\circ} = \Delta E^{\circ}_{\text{red, reduz}} - \Delta E^{\circ}_{\text{red, oxida}}$$

A diferença de potencial (ddp) de uma pilha é calculada da seguinte maneira:

$$U = \frac{\Delta E^{\circ}}{\text{f.e.m.}} - \frac{R}{\text{resistência interna}} \cdot i$$

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: o metal protetor oxida no lugar do metal a ser protegido.
- Galvanização: consiste no recobrimento total do metal a ser protegido por outro metal que isole o primeiro do contato com o ar atmosférico.

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:

H^+ tem a preferência de descarga sobre $1A$ (grupo 1), $2A$ (grupo 2) e Al^{3+}

OH^- tem a preferência de descarga sobre F^- e ânions oxigenados

Eletroquímica quantitativa

$$Q_{1 \text{ mol de elétrons}} = (6,02 \cdot 10^{23}) \cdot \left(\underbrace{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}_{\text{carga elementar}} \right) \cong 96.500 \text{ C}$$

1 faraday (1 F) é a carga de 1 mol de elétrons, que 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:

$$m_{Me} = \frac{1}{F} \cdot \frac{M_{Me}}{v} \cdot i \cdot t$$

onde: 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.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a01.pdf>
- <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc15/v15a06.pdf>
- <http://revistaspesquisa.fapesp.br/2010/07/23/%c3%94nibus-ambiental/>

Exercícios complementares

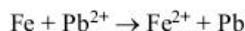
Pilhas e baterias

1 Fuvest 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 $\text{pH} = 4$. 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).

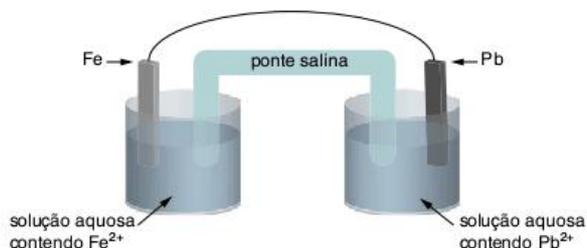
Nesse experimento, o polo positivo e o metal corroído na pilha 1 e o polo positivo e o metal corroído na pilha 2 são, respectivamente:

	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

2 Unifesp Ferro metálico reage espontaneamente com íons Pb^{2+} , em solução aquosa. Essa reação pode ser representada por:



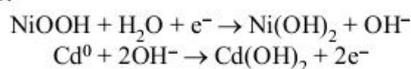
Na pilha, representada pela figura:



em que ocorre aquela reação global:

- os cátions devem migrar para o eletrodo de ferro.
- ocorre deposição de chumbo metálico sobre o eletrodo de ferro.
- ocorre diminuição da massa do eletrodo de ferro.
- os elétrons migram através da ponte salina do ferro para o chumbo.
- o eletrodo de chumbo atua como ânodo.

3 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:



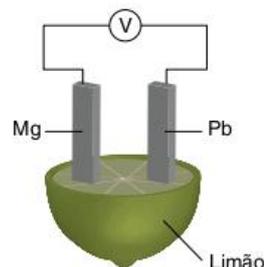
Sobre esse tipo de pilha, assinale a alternativa correta.

- 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 .

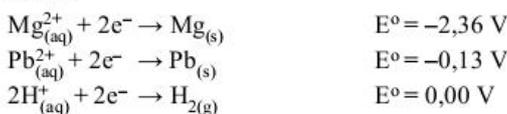
4 PUC-MG Assinale a função da ponte salina numa pilha eletroquímica.

- Conduzir os elétrons.
- Estabilizar o potencial da pilha.
- Manter a eletroneutralidade em cada compartimento da pilha.
- Aumentar a eficiência da pilha.

5 UFPR Considere a seguinte célula galvânica.



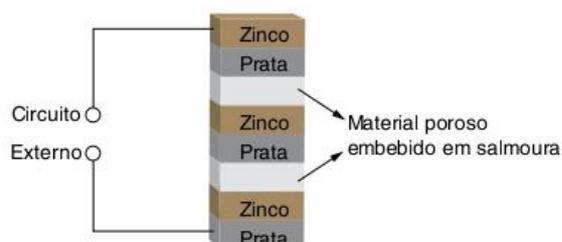
Dados:



Sobre essa célula, assinale a alternativa incorreta.

- A placa de magnésio é o polo positivo.
- O suco de limão é a solução eletrolítica.
- Os elétrons fluem da placa de magnésio para a placa de chumbo através do circuito externo.
- A barra de chumbo é o catodo.
- No anodo ocorre uma semirreação de oxidação.

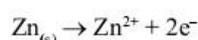
6 Vunesp Em maio de 1800, Alessandro Volta anunciou a invenção da pilha elétrica, a primeira fonte contínua de eletricidade. O seu uso influenciou fortemente o desenvolvimento da química nas décadas seguintes. A pilha de Volta era composta de discos de zinco e de prata sobrepostos e intercalados com material poroso embebido em solução salina, como mostrado a seguir.



Com o funcionamento da pilha, observa-se que os discos de zinco sofrem corrosão.

A respeito da pilha de Volta, são feitas as seguintes afirmações.

I. Nos discos de zinco, ocorre a semirreação:



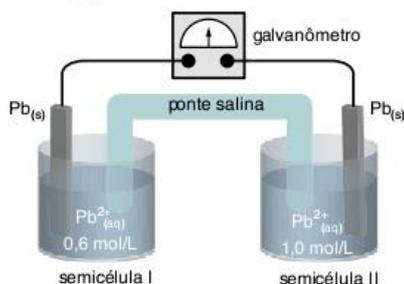
II. Os discos de prata são fontes de elétrons para o circuito externo.

III. O aumento do diâmetro dos discos empregados na montagem não influencia na tensão fornecida pela pilha.

Das três afirmações apresentadas, apenas:

- (a) I é verdadeira. (d) I e III são verdadeiras.
 (b) II é verdadeira. (e) II e III são verdadeiras.
 (c) I e II são verdadeiras.

7 UFMG Na figura a seguir, está representada uma pilha, construída com duas placas idênticas de $\text{Pb}_{(s)}$ imersas em soluções de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ de concentrações diferentes:



O galvanômetro indica a passagem de corrente elétrica.

- Essa pilha funciona até que a concentração dos íons $\text{Pb}_{(aq)}^{2+}$ nas duas semicélulas, se iguale. Escreva as equações balanceadas das semirreações que ocorrem nas semicélulas I e II.
- Considerando os constituintes dessa pilha, indique a espécie oxidante e a redutora e a semicélula em que cada uma dessas espécies se localiza.
- Qual o sentido do fluxo de elétrons nos fios que unem as duas semicélulas, na pilha descrita. Justifique sua resposta.
- Indique o valor da concentração final do íon $\text{Pb}_{(aq)}^{2+}$ nas duas semicélulas, quando a pilha parar de funcionar.
- Após a pilha parar de funcionar, se se adicionar uma solução de $\text{NaCl}_{(aq)}$ 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 $\text{NaCl}_{(aq)}$ é adicionado à semicélula II. Qual o sentido do fluxo de elétrons nos fios que unem as duas semicélulas, nessa situação. Justifique sua resposta.

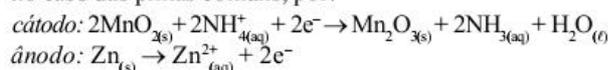
8 UFRGS Assinale a alternativa que apresenta uma reação química que pode ser utilizada para a produção de corrente elétrica.

- $\text{Na}_2\text{O} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$
- $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{HCl}$
- $\text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- $\text{ZnSO}_4 + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ag}_2\text{SO}_4$
- $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

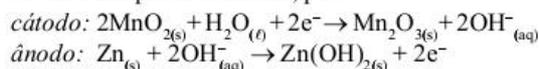
9 UFMG A principal diferença entre as pilhas comuns e as alcalinas consiste na substituição, nestas últimas, do cloreto de amônio pelo hidróxido de potássio.

Assim sendo, as semirreações que ocorrem podem ser representadas:

- no caso das pilhas comuns, por:



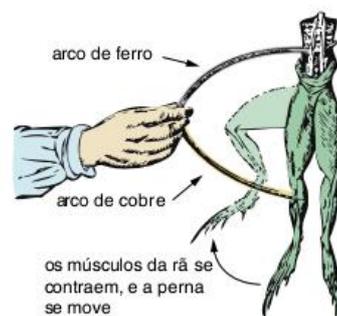
- no caso das pilhas alcalinas, por:



Considerando-se essas informações, é incorreto afirmar que:

- em ambas as pilhas, a espécie que perde elétrons é a mesma.
- em ambas as pilhas, o $\text{Zn}_{(s)}$ é o agente redutor.
- na pilha alcalina, a reação de oxirredução se dá em meio básico.
- na pilha comum, o íon $\text{NH}_4^{+}_{(aq)}$ é a espécie que recebe elétrons.

10 Fuvest 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:

- 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.
- 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:

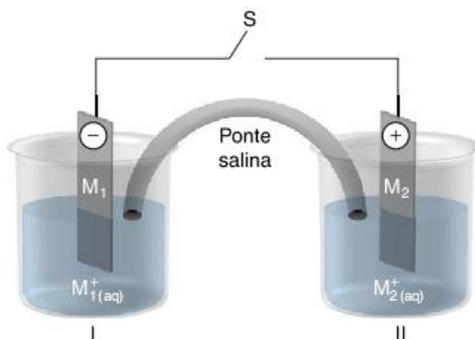
- (a) I, apenas. (c) I e II, apenas. (e) I, II e III.
 (b) III, apenas. (d) II e III, apenas.

11 Fuvest A constante do equilíbrio

$\text{Co}_{(s)} + \text{Ni}_{(aq)}^{2+} \rightleftharpoons \text{Ni}_{(s)} + \text{Co}_{(aq)}^{2+}$, 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 $\text{Co}_{(aq)}^{2+}$ e $\text{Ni}_{(aq)}^{2+}$ têm, ambas, concentração igual a 1,0 mol/L?
- c) Qual será a relação entre as concentrações de $\text{Co}_{(aq)}^{2+}$ e $\text{Ni}_{(aq)}^{2+}$ quando esta pilha deixar de funcionar? Justifique as respostas aos itens b e c utilizando argumentos de constante de equilíbrio.

12 ITA Corrente elétrica flui através do circuito, representado na figura abaixo, quando a chave S é “fechada”.



Assinale a opção que contém a afirmação errada a respeito do que ocorre no sistema após a chave S ter sido “fechada”.

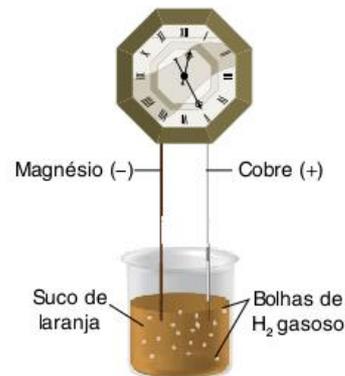
- (a) O fluxo de corrente elétrica ocorre no sentido semicélula II → semicélula I.
- (b) A diferença de potencial entre os eletrodos $M_2/M_{2(aq)}^+$ e $M_1/M_{1(aq)}^+$ diminui.
- (c) O eletrodo $M_1/M_{1(aq)}^+$ apresentará um potencial menor do que o eletrodo $M_2/M_{2(aq)}^+$.
- (d) Ao substituir a ponte salina por um fio de cobre, a diferença de potencial entre os eletrodos será nula.
- (e) A concentração de íons $M_{2(aq)}^+$ na semicélula II diminui.

13 Ufe 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.

14 Fuvest 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 adiante.



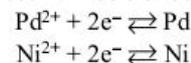
Durante o funcionamento do relógio:

- 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) todas são corretas.

15 Fuvest 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 Châtelier 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

ddp e espontaneidade

16 CFTMG Um estudante precisa armazenar uma solução aquosa de ácido clorídrico e dispõe de quatro frascos metálicos:

Frascos	Metais
I	alumínio
II	cobre
III	ferro
IV	prata

Considerando os seguintes valores de potenciais, em volts:

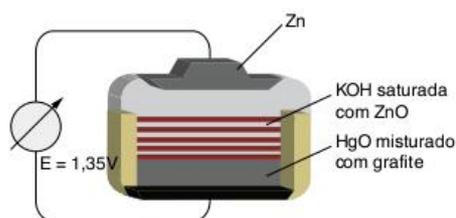
$$\begin{aligned} E^\circ_{2\text{H}^+/\text{H}_2} &= 0,00 \\ E^\circ_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}} &= -1,68 \\ E^\circ_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} &= -0,41 \\ E^\circ_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} &= +0,80 \\ E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} &= +0,34 \end{aligned}$$

Os frascos que podem ser utilizados pelo estudante são apenas:

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

17 UFPR 2012 Atualmente, parece ser impossível a vida cotidiana sem equipamentos eletrônicos, que nos tornam dependentes de energia e especificamente de baterias e pilhas para o funcionamento dos equipamentos portáteis. A seguir está esquematizado o corte de uma bateria de mercúrio, utilizada comumente em relógios e calculadoras.

No desenho está indicado também que um voltímetro foi conectado aos terminais da pilha, com o conector comum na parte superior (onde se encontra o eletrodo de zinco) e o conector de entrada na parte inferior (eletrodo que contém mercúrio).



- Com base na figura, indique quem é o ânodo, quem é o cátodo, quem sofre oxidação e quem sofre redução.
- Considerando que o potencial de redução do par HgO/Hg , nas condições da pilha, é 0,0972 V, qual o valor do potencial de redução do par ZnO/Zn ?

18 Fuvest Painéis de alumínio são muito utilizadas no cozimento de alimentos. Os potenciais de redução (E°) indicam ser possível a reação desse metal com água. A não ocorrência

dessa reação é atribuída à presença de uma camada aderente e protetora de óxido de alumínio, formada na reação do metal com o oxigênio do ar.

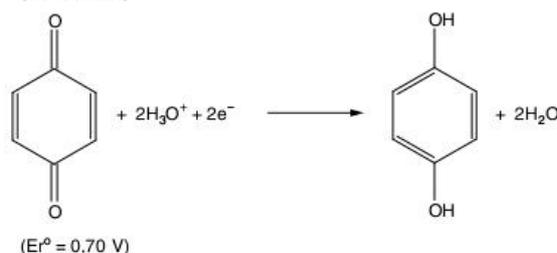
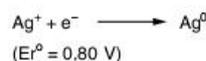
- Escreva a equação balanceada que representa a formação da camada protetora.
- Com os dados de E° , explique como foi feita a previsão de que o alumínio pode reagir com água.

Dados:

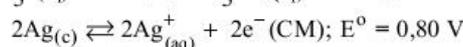
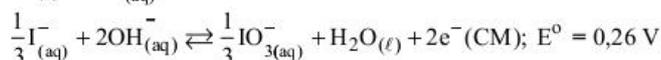
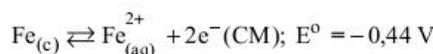
	E° (volt)
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,66
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,83

19 UFRJ A suspensão de cristais diminutos de haletos de prata (sais sensíveis à luz) é o que se denomina, correntemente, emulsão fotográfica. Esta é preparada misturando-se um sal solúvel de prata, normalmente o nitrato de prata (AgNO_3), com um haleto solúvel (podem ser utilizados sais de potássio, sódio ou amônio) numa solução aquecida de água contendo gelatina. Imediatamente após a mistura, os cristais precipitam-se na estrutura coloidal, que, resfriada, assume a forma de gel transparente.

- Sabendo-se que a maioria dos filmes coloridos e preto e branco possuem, em sua camada fotossensível, haleto do quarto período da Tabela Periódica, escreva a equação da reação que represente um processo de formação do sal sensível à luz.
- Na formação da imagem fotográfica, íon prata, advindo do haleto de prata sensibilizado pela luz, transforma-se em prata metálica pela ação de um revelador. Tendo como base os potenciais padrão de redução (E° nas equações de semirreações a seguir), explique, a partir da equação da reação global e do cálculo da diferença de potencial, por que a hidroquinona (p-di-hidroxibenzeno) pode ser usada como agente revelador.



20 ITA Considere as semirreações representadas pelas semiequações a seguir e seus respectivos potenciais padrão de eletrodo.



Com base nas informações, qual das opções adiante é relativa à equação química de uma reação que deverá ocorrer quando os reagentes, nas condições padrão, forem misturados entre si?

- (a) $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+} + \frac{1}{3}\text{I}_{(\text{aq})}^- + 2\text{OH}_{(\text{aq})}^- \rightarrow \text{Fe}_{(\text{c})} + \frac{1}{3}\text{IO}_{3(\text{aq})}^- + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$
- (b) $2\text{Ag}_{(\text{c})} + \frac{1}{3}\text{IO}_{3(\text{aq})}^- + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)} \rightarrow 2\text{Ag}_{(\text{aq})}^+ + \frac{1}{3}\text{I}_{(\text{aq})}^- + 2\text{OH}_{(\text{aq})}^-$
- (c) $\frac{1}{3}\text{I}_{(\text{aq})}^- + 2\text{OH}_{(\text{aq})}^- + 2\text{Ag}_{(\text{aq})}^+ \rightarrow 2\text{Ag}_{(\text{c})} + \frac{1}{3}\text{IO}_{3(\text{aq})}^- + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$
- (d) $\text{Fe}_{(\text{c})} + \frac{1}{3}\text{I}_{(\text{aq})}^- + 3\text{H}_2\text{O}_{(\ell)} \rightarrow \text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+} + \frac{1}{3}\text{IO}_{3(\text{aq})}^- + 2\text{OH}_{(\text{aq})}^- + 2\text{H}_{2(\text{g})}$
- (e) $2\text{Ag}_{(\text{c})} + \frac{1}{3}\text{I}_{(\text{aq})}^- + 3\text{H}_2\text{O}_{(\ell)} \rightarrow 2\text{Ag}_{(\text{aq})}^+ + \frac{1}{3}\text{IO}_{3(\text{aq})}^- + 2\text{OH}_{(\text{aq})}^- + 2\text{H}_{2(\text{g})}$

21 PUC-SP 2012 Dados: Tabela de potenciais padrão de redução (E°_{red})

$\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}_{(\text{s})}$	-0,76
$\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}_{(\text{s})}$	-0,44
$\text{Cd}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cd}_{(\text{s})}$	-0,40
$\text{Co}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Co}_{(\text{s})}$	-0,28
$\text{Sn}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}_{(\text{s})}$	-0,14
$\text{Pb}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}_{(\text{s})}$	-0,13
$2\text{H}_{(\text{aq})}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_{2(\text{g})}$	0,00
$\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}_{(\text{s})}$	+0,34
$\text{Ag}_{(\text{aq})}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}_{(\text{s})}$	+0,80

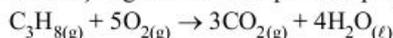
Foram realizadas as seguintes observações experimentais a respeito da reatividade dos metais:

- O metal crômio (Cr) reage com solução aquosa contendo ferro (II), formando cátions crômio (III) em solução e ferro metálico.
- Ferro metálico (Fe) reage com solução contendo cátions níquel (II), formando níquel metálico (Ni) e cátions ferro (II).
- O metal cobre (Cu) não reage com solução contendo íons níquel (II).

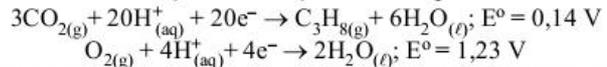
Analisando a tabela de potenciais padrão de redução e os dados experimentais fornecidos, conclui-se que os melhores valores para os potenciais padrão de redução dos pares Cr^{3+}/Cr e Ni^{2+}/Ni são:

- (a) $E^\circ_{\text{red}}(\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}) = +0,60 \text{ V}$; $E^\circ_{\text{red}}(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = +0,20 \text{ V}$
- (b) $E^\circ_{\text{red}}(\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}) = -0,30 \text{ V}$; $E^\circ_{\text{red}}(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0,25 \text{ V}$
- (c) $E^\circ_{\text{red}}(\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}) = -0,74 \text{ V}$; $E^\circ_{\text{red}}(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0,50 \text{ V}$
- (d) $E^\circ_{\text{red}}(\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}) = -0,30 \text{ V}$; $E^\circ_{\text{red}}(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = +0,50 \text{ V}$
- (e) $E^\circ_{\text{red}}(\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}) = -0,74 \text{ V}$; $E^\circ_{\text{red}}(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0,25 \text{ V}$

22 Ufes O propano e o oxigênio podem ser utilizados na obtenção de energia, sem que necessariamente tenham que se combinar em uma reação de combustão convencional. Esses gases podem ser tratados eletroquimicamente para produzir energia de forma limpa, barata e eficiente. Um dos dispositivos onde esse tratamento ocorre é conhecido como célula de combustível, ou pilha de combustível, e funciona como uma pilha convencional. A reação global de uma pilha de propano é:



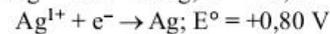
Dadas as semirreações de redução e os seus potenciais:



pode-se afirmar que a voltagem, nas condições padrão, de uma pilha de propano é:

- (a) -1,37 V
- (b) -1,09 V
- (c) 1,09 V
- (d) 1,37 V
- (e) 6,15 V

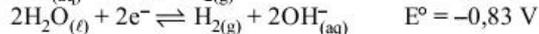
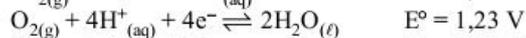
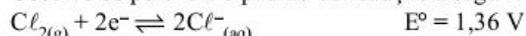
23 UFRJ Considere uma pilha de prata/magnésio e as semirreações representadas a seguir, com seus respectivos potenciais de redução.



O oxidante, o redutor e a diferença de potencial da pilha estão indicados, respectivamente, em:

- (a) Mg, Ag^+ , +3,17
- (b) Mg, Ag^+ , +3,97
- (c) Ag^+ , Mg, +1,57
- (d) Mg^{+2} , Ag, -3,17
- (e) Ag^+ , Mg, +3,17

24 UFRGS A eletrólise de uma solução aquosa concentrada de cloreto de sódio é uma reação de grande importância. A partir de reagentes simples e baratos, essa reação permite a obtenção de cloro e hidrogênio gasosos, entre outros produtos. Observe os potenciais-padrão de redução a seguir.



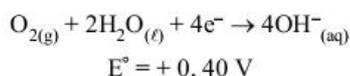
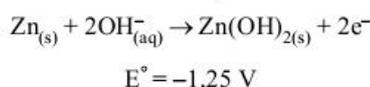
Assinale a afirmação correta sobre a célula eletrolítica envolvida nesse processo de eletrólise.

- (a) O pH da solução aumenta à medida que a reação prossegue.
- (b) O potencial que ela fornece é de 1,36 V.
- (c) A reação anódica é: $2\text{H}_2\text{O}_{(\ell)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})} + 2\text{OH}_{(\text{aq})}^-$.
- (d) Ocorre deposição de sódio metálico no cátodo.
- (e) Hidrogênio e cloro são liberados no mesmo eletrodo.

25 UEL Hoje em dia, as pilhas têm mais aplicação do que se imagina. Os automóveis usam baterias chumbo-ácidas, os telefones celulares já usaram pelo menos três tipos de baterias – as de níquel-cádmio, as de níquel-hidreto metálico e as de íon lítio –, os ponteiros laser dos conferencistas usam pilhas feitas de óxido de mercúrio ou de prata. Recentemente foram desenvolvidas as pilhas baseadas em zinco e oxigênio do ar, usadas nos pequenos aparelhos de surdez e que são uma tentativa de produzir uma pilha que minimize as agressões ambientais. Para confeccionar essas pilhas, partículas de zinco metálico são misturadas a um eletrólito (solução de KOH) e reagem com o O_2 ; desta forma, a energia química se transforma em energia elétrica.

As reações da pilha com seus respectivos potenciais de redução são:

Semirreações



Reação Global



Assinale a alternativa correta.

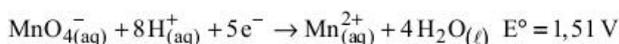
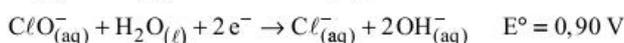
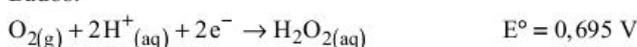
- (a) Durante o funcionamento da pilha, haverá diminuição da quantidade de $\text{Zn}(\text{OH})_2$.
- (b) O agente oxidante nessa reação é o zinco.
- (c) Os elétrons são gerados no eletrodo de oxigênio.
- (d) No catodo, ocorre a redução do Zn.
- (e) A diferença de potencial da equação global é +1,65 V.

26 CFCE Uma pilha, formada pelos eletrodos de Fe/Fe^{2+} (uma lâmina de ferro em contato com uma solução de íons Fe^{2+}) e Cu/Cu^{2+} (uma lâmina de cobre em contato com uma solução de íons Cu^{2+}), apresenta E°_{pil} de 0,78 V.

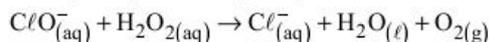
Sabendo-se que $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}_{(s)}$, $E^\circ = 0,34 \text{ V}$ e que a lâmina de ferro se dissolve, o potencial padrão de redução do eletrodo Fe/Fe^{2+} é:

- (a) 0,44 V
- (b) 1,12 V
- (c) -0,44 V
- (d) -1,22 V
- (e) 0,56 V

27 UFJF 2012 Os produtos comerciais, água sanitária e água oxigenada, são, respectivamente, soluções de hipoclorito de sódio e peróxido de hidrogênio. Suas aplicações vão do uso doméstico ao industrial, passando pela desinfecção de água de piscinas e da rede de abastecimento, de hospitais, entre outros. Dados:



- a) Se misturarmos água sanitária com água oxigenada, teremos a produção de oxigênio, de acordo com a reação:



Indicar o agente oxidante e o agente redutor.

- b) Calcule o ΔE do processo do item a. O processo é ou não espontâneo? Por quê?
- c) Sabe-se que os íons permanganato e manganês II, quando

em solução, têm colorações violeta e incolor, respectivamente. Qual(is) agente(s) mostrado(s) nas semirreações poderia(m) descolorir uma solução de permanganato em meio ácido? Justifique sua resposta.

- d) Escreva a reação balanceada do permanganato com peróxido de hidrogênio em meio ácido.

28 UEPG A figura a seguir ilustra o esquema de uma pilha formada por um eletrodo de Zn em solução de Zn^{2+} e um outro eletrodo de um determinado metal M em solução dos seus íons M^{Z+} (onde Z+ constitui a carga do metal).



Na tabela a seguir estão descritos os potenciais padrões (E°) de alguns metais:

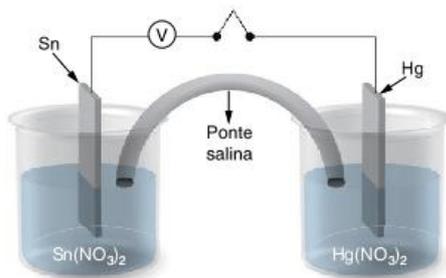
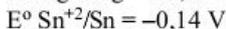
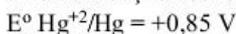
Semirreação	E° (V)
$\text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Zn}_{(s)}$	-0,76
$\text{Pb}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Pb}_{(s)}$	-0,13
$\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$	+0,34
$\text{Ag}^+_{(aq)} + 1e^- \rightarrow \text{Ag}_{(s)}$	+0,80
$\text{H}^+_{(aq)} + 1e^- \rightarrow \text{H}_{2(g)}$	0,0

De acordo com estes dados, assinale o que for correto.

- 01 Quando $\text{M} = \text{Ag}_{(s)}$, os elétrons migram do eletrodo de prata para o eletrodo de zinco.
- 02 Quando $\text{M} = \text{Cu}$, o eletrodo de cobre é o cátodo (polo negativo) e o eletrodo de zinco é o ânodo (polo positivo).
- 04 O potencial padrão de eletrodo (E°) da semirreação: $\text{Ag}^+_{(aq)} + 1e^- \rightarrow \text{Ag}_{(s)}$ é o escolhido como padrão referência para se obter o E° para todas as outras semirreações.
- 08 Se o $\text{M} = \text{Pb}$, o potencial total da pilha será igual a 0,63 V e a reação será espontânea.
- 16 Para $\text{M} = \text{Cu}$, a reação total da pilha é: $\text{Cu}_{(s)} + \text{Zn}^{2+}_{(aq)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{Zn}_{(s)}$, onde o íon cúprico é o agente oxidante.

Soma =

29 PUC-MG Na célula galvânica a seguir, os potenciais padrão de redução dos íons mercúrio e estanho valem:

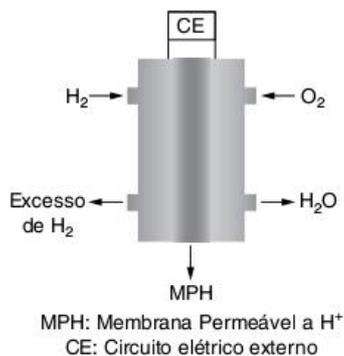


Nessa situação, é correto afirmar:

- O potencial padrão da reação que ocorre na pilha é +0,71 V.
- No fio externo, o fluxo de elétrons se dá do eletrodo de mercúrio para o eletrodo de estanho.
- Ao final de um determinado tempo de reação, a massa do eletrodo de mercúrio diminuirá.
- A reação que ocorre no eletrodo de mercúrio é: $\text{Hg}^0 - 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}^{2+}$.
- O eletrodo de estanho funciona como ânodo.

Tipos de pilha e corrosão

30 Unesp O hidrogênio molecular obtido da reforma a vapor do etanol pode ser usado como fonte de energia limpa em uma célula de combustível, esquematizada a seguir.



Nesse tipo de dispositivo, ocorre a reação de hidrogênio com oxigênio do ar, formando água como único produto. Escreva a semirreação que acontece no compartimento onde ocorre a oxidação (ânodo) da célula de combustível. Qual o sentido da corrente de elétrons no circuito elétrico externo?

31 Unicamp A Revista n°160 traz um comentário sobre um ônibus montado no Brasil que tem como combustível o gás hidrogênio. Resumidamente, explica-se que no ônibus existem células 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 óxido. Os produtos que se originam nos dois diferentes eletrodos reagem para formar água.

- Considerando-se as informações do texto, escreva a equação química da semirreação de oxidação que ocorre nessa célula eletroquímica.
- Que massa de gás hidrogênio deve ser transformada na célula eletroquímica para que, no funcionamento do ônibus, haja uma liberação de 38,0 MJ?
Dado: entalpia de formação da água = -242 kJ mol^{-1} .

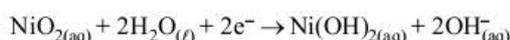
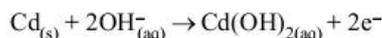
32 UFRRJ Em 1866, Geoge Lenclanché inventou a pilha seca (pilha comum) que é atualmente utilizada em brinquedos, relógios, lanternas etc.

As pilhas alcalinas são mais utilizadas, hoje em dia, devido ao seu rendimento ser de cinco a oito vezes maior que a pilha comum.



Usberco e Salvador. p. 264. v. 2. (Adapt.).

Na pilha alcalina de níquel-cádmio, ocorrem as seguintes reações:



A partir das equações da pilha de níquel-cádmio, escreva a equação global e identifique a reação anódica.

33 PUC-MG A conhecida “pilha seca”, utilizada para alimentar diferentes equipamentos portáteis, é constituída por um cilindro de zinco contendo um eletrólito, formado por uma mistura pastosa de cloreto de amônio e óxido de manganês e pode ser representada pela seguinte equação não balanceada:



Considerando-se essa equação, após o balanceamento, é incorreto afirmar que:

- o zinco sofre uma oxidação.
- o MnO_2 funciona como o redutor na reação.
- a variação do número de oxidação do manganês na reação é de +4 para +3.
- a soma de todos os coeficientes mínimos e inteiros da equação é igual a 10.

34 UFPR Num dado experimento, é necessário que Pb^{2+} seja removido da solução.

Semirreação de redução	E° (V)
$\text{PbO}_{2(s)} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}_{(aq)}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	1,458
$\text{Cl}_{2(g)} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}_{(aq)}^-$	1,360
$\text{Ni}_{(aq)}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}_{(s)}$	-0,236
$\text{O}_{3(g)} + 2\text{H}_{(aq)}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{O}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	2,075
$\text{O}_{2(g)} + 2\text{H}_{(aq)}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	1,229

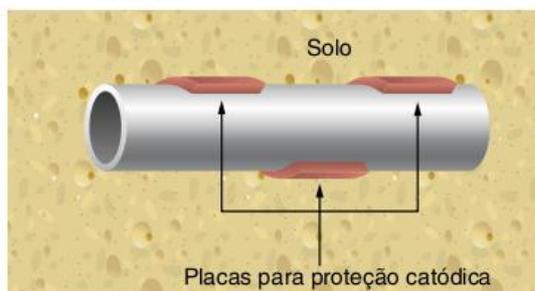
Com base nos dados apresentados na tabela:

- Escreva as semirreações e a reação global balanceada para o processo espontâneo que promova a remoção do Pb^{2+} .
- Determine o valor da diferença de potencial para a reação espontânea.

35 Udesc Uma célula a combustível é um dispositivo de conversão eletroquímica que produz eletricidade a partir de um combustível e um oxidante, que reagem na presença de um eletrólito. Uma das possíveis aplicações desse tipo de células é o uso como fonte de energia para computadores portáteis ("laptops") e telefones celulares. Nesse caso, o combustível a ser utilizado seria o metanol (CH_3OH) reagindo com o oxigênio do ar.

- Escreva a equação que representa essa reação.
- Considerando que a entalpia de combustão do metanol é de -720 kJ/mol , qual é a quantidade de metanol, em gramas, necessária para manter um "laptop" que consome 10 W (ou 10 J/s) funcionando por 1 hora, considerando uma conversão energética hipotética de 50% (o restante é perdido na forma de calor).

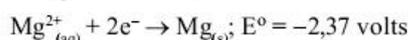
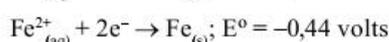
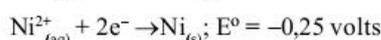
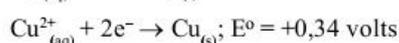
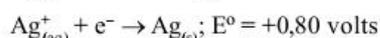
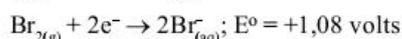
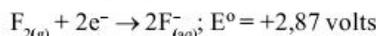
36 Unicamp Um corpo metálico, quando exposto ao ar e à umidade pode sofrer um processo de corrosão (oxidação), o que pode deixá-lo impróprio para a função a que se destinava. Uma das formas de se minimizar esse processo é a "proteção catódica": prende-se um "metal de sacrifício" no corpo que se deseja proteger do processo de oxidação.



- Suponha que você deseja fazer a proteção catódica de uma tubulação em ferro metálico. Qual das substâncias da tabela a seguir você usaria? Justifique.

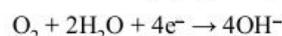
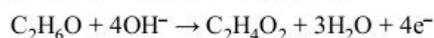
Potenciais padrão de redução:

Semirreação de redução



- Uma outra forma de evitar a corrosão é a galvanização: deposita-se sobre o corpo metálico uma camada de um outro metal que o proteja da oxidação. Das substâncias da tabela acima, qual você usaria para galvanizar uma tubulação em ferro metálico? Justifique.

37 PUC-RS O bafômetro é um aparelho utilizado para medir a quantidade de álcool etílico na corrente sanguínea. A quantidade de álcool presente no ar expirado é proporcional à quantidade de álcool presente no sangue. Os bafômetros mais modernos funcionam com pilhas de combustível, e a corrente elétrica é proporcional à quantidade de álcool que reage. As reações estão representadas pelas equações:



Em relação às reações que ocorrem no bafômetro, é correto afirmar que:

- o oxigênio reage no ânodo.
- o álcool é o agente redutor.
- o álcool reage no polo positivo.
- a redução ocorre no polo negativo.
- o fluxo de elétrons é do cátodo para o ânodo.

38 UEL Nos cascos de ferro de embarcações, são afixadas peças conhecidas como "ânodos" de zinco ou de magnésio, cuja função é proteger o ferro contra a corrosão. Logo, tais peças:

- se oxidam mais facilmente do que o ferro.
 - inibem a semirreação $\text{Fe}_{(aq)}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}_{(s)}$.
 - funcionam, nesse caso, como polos negativos de pilhas.
- Dessas afirmações, somente:

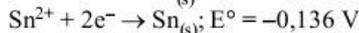
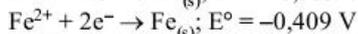
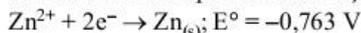
- I é correta.
- II é correta.
- III é correta.
- I e II são corretas.
- I e III são corretas.

39 Vunesp A corrosão de ferro metálico envolve a formação de íons Fe^{2+} . Para evitá-la, chapas de ferro são recobertas por uma camada de outro metal. Em latas de alimentos, a camada é de estanho metálico; e em canos-d'água, de zinco metálico.

Explique por que:

- a camada de zinco evita a corrosão de canos-d'água.
- quando a camada de estanho é danificada, expondo a camada do ferro, a corrosão acontece mais rapidamente do que quando a referida camada está ausente.

Dados: Potenciais padrão de redução a 25 °C:



40 Mackenzie Na proteção contra a ferrugem, em tanques de aço, são usadas placas de um certo metal, chamado metal de sacrifício.

Dados os potenciais padrão de redução (E°_{red} a 25 °C)	
	E°_{red} (V)
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^0$	-0,41
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0$	+0,34
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}^0$	-2,37
$\text{Ag}^+ + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Ag}^0$	+0,79
$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}^0$	+1,5
$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pt}^0$	+1,2

Esse metal, que deve ser periodicamente substituído, pode ser:

- o cobre.
- o magnésio.
- a prata.
- o ouro.
- a platina.

41 Fuvest Quer-se guardar, a 25 °C, uma solução aquosa 1 mol/L de SnCl_2 .

Potenciais padrão de redução (volt)
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn} \dots\dots - 0,76$
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe} \dots\dots - 0,44$
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn} \dots\dots - 0,14$
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu} \dots\dots + 0,34$

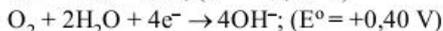
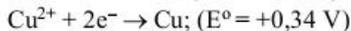
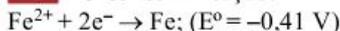
Dispõe-se de recipientes de:

- ferro
- ferro galvanizado (ferro revestido de Zn)
- lata comum (ferro revestido de Sn)
- cobre

Examinando-se a tabela dos potenciais padrão apresentada acima, conclui-se que essa solução de SnCl_2 pode ser guardada sem reagir com o material do recipiente apenas em:

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

42 Fuvest Semirreação:



A Estátua da Liberdade está no porto de Nova York e, portanto, em ambiente marinho. Ela consiste em uma estrutura de ferro sobre a qual estão rebitadas placas de cobre que dão forma à figura.

- Qual o efeito do ambiente marinho sobre as placas de cobre? Explique utilizando equações químicas.
- Por que não foi uma boa ideia ter cobre em contato com ferro? Justifique.

43 Puccamp O ferro galvanizado (ferro recoberto por camada de zinco) pode ser obtido mergulhando-se o ferro em banho de zinco metálico fundido ou, então, por eletrodeposição, em que:

- no cátodo, ocorre a redução do Zn^{2+} .
 - na cuba eletrolítica, o banho deve conter um composto de zinco.
 - o ânodo é constituído por peças de ferro.
- Dessas afirmações, somente:

- I é correta.
- II é correta.
- III é correta.
- I e II são corretas.
- II e III são corretas.

44 ITA 2011 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 e 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.

Eletrólise

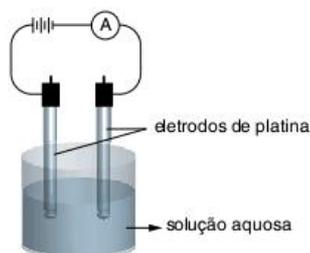
45 PUC-SP Para obter potássio e cloro a partir de KCl sólido, deve-se fazer uma eletrólise com eletrodos inertes. Assinale a alternativa incorreta.

- (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.

46 Vunesp O íon magnésio está presente na água do mar em quantidade apreciável. O íon Mg^{2+} é precipitado da água do mar como hidróxido, que é convertido a cloreto por tratamento com ácido clorídrico. Após a evaporação da água, o cloreto de magnésio é fundido e submetido à eletrólise.

- a) Escrever as equações de todas as reações que ocorrem.
- b) Quais os produtos da eletrólise e seus estados físicos?

47 UFPR Um estudante montou um arranjo experimental para investigar a condutividade de algumas soluções aquosas. Para isso, ele usou água destilada, uma fonte de tensão (---|---|---|---) e um amperímetro (A), conforme esquematizado a seguir.



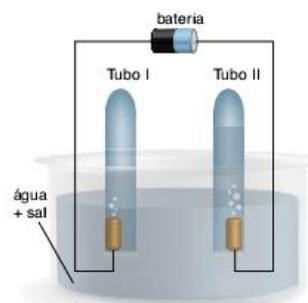
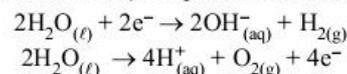
Os resultados experimentais foram apresentados na tabela:

Experimento	Soluto	Corrente medida	Observações visuais
A	Açúcar	zero	Não houve alteração perceptível.
B	Ácido sulfúrico	0,5 A	Houve evolução de gases em ambos os eletrodos.
C	Sulfato de cobre	0,5 A	Houve evolução de gás em um eletrodo e houve deposição de cobre no outro eletrodo.

Responda:

- a) Por que o amperímetro não registrou corrente no experimento A e registrou nos experimentos B e C?
- b) Quais foram os gases liberados no experimento B no eletrodo positivo? E no eletrodo negativo?
- c) Qual foi o gás liberado no experimento C? Em qual eletrodo (ânodo ou cátodo) houve deposição de cobre?

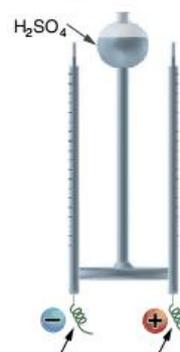
48 UFU Observe o esquema a seguir, representativo da eletrólise da água, que é um processo eletroquímico com larga aplicação industrial. As semirreações que ocorrem nos eletrodos são:



Pede-se:

- a) quais são os gases formados nos tubos I e II?
- b) identifique qual o polo da bateria que está conectado no tubo II. Justifique sua resposta.
- c) explique por que o tubo II tem maior massa que o tubo I.

49 Cesgranrio O voltômetro de Hoffman (abaixo) é usado para realizar a eletrólise da água.



Se a eletrólise de uma solução diluída de H_2SO_4 produziu no cátodo 20 mL do gás hidrogênio, pode-se afirmar que o volume do oxigênio produzido no ânodo, ao mesmo tempo, foi de:

- (a) 5 mL
- (b) 10 mL
- (c) 15 mL
- (d) 20 mL
- (e) 40 mL

50 UEL Na eletrólise de uma solução aquosa diluída de certo eletrólito, verifica-se a decomposição da água, com formação de 20 mililitros de hidrogênio. Nessas condições, quantos mililitros de oxigênio são obtidos?

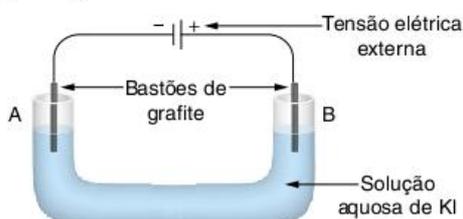
- (a) 40
- (b) 20
- (c) 15
- (d) 10
- (e) 0,5

51 Fuvest É comum encontrar nas lojas de materiais para piscinas o anúncio:

“Temos cloro líquido.”

- a) Há erro em tal anúncio? Explique.
 b) Quando se obtém cloro por eletrólise de solução aquosa de cloreto de sódio também se forma hidrogênio. Mostre como se formam o cloro e o hidrogênio nessa eletrólise.

52 Fuvest 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 à região do eletrodo A e algumas gotas de solução de amido à 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.

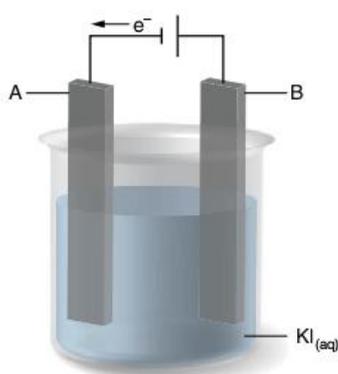
Dessas afirmações, apenas a:

- (a) I é correta. (d) I e a III são corretas.
 (b) II é correta. (e) II e a III são corretas.
 (c) III é correta.

53 PUC-SP Dados:

1. O indicador fenolftaleína é incolor em $\text{pH} < 8$ e rosa em pH acima de 8.
 2. O amido é utilizado como indicador da presença de iodo em solução, adquirindo uma intensa coloração azul devido ao complexo iodo-amido formado.

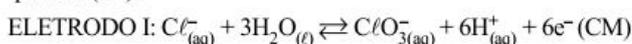
Um experimento consiste em passar corrente elétrica contínua em uma solução aquosa de iodeto de potássio (KI). O sistema está esquematizado a seguir.



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:

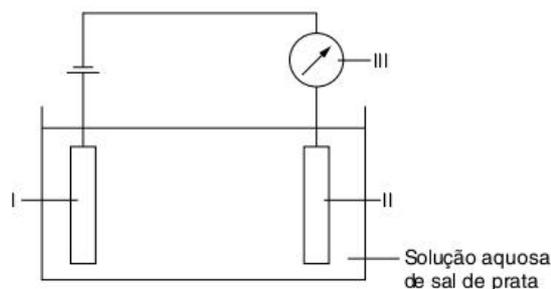
- (a) haverá formação de gás no eletrodo B.
 (b) a solução ficará rosa próximo ao eletrodo A.
 (c) no eletrodo B ocorrerá o processo de oxidação.
 (d) o eletrodo A é o cátodo do sistema eletrolítico.
 (e) a solução ficará azul próximo ao eletrodo B.

54 ITA 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°):



- 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.

55 Fuvest Para pratear eletroliticamente um objeto de cobre e controlar a massa de prata depositada no objeto, foi montada a aparelhagem esquematizada na figura a seguir, onde I, II e III são, respectivamente:



- (a) o objeto de cobre, uma chapa de platina e um amperímetro.
 (b) uma chapa de prata, o objeto de cobre e um voltímetro.
 (c) o objeto de cobre, uma chapa de prata e um voltímetro.
 (d) o objeto de cobre, uma chapa de prata e um amperímetro.
 (e) uma chapa de prata, o objeto de cobre e um amperímetro.

56 UEL 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 1.000°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.

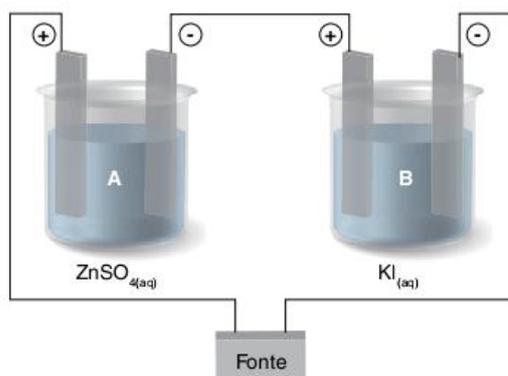
Em relação ao método de obtenção do alumínio, são feitas as afirmações.

- I. Na solução, o Al_2O_3 está totalmente na forma não dissociada.
- II. Na solução, o Al_2O_3 é o soluto e o Na_3AlF_6 é o solvente.
- III. O alumínio é depositado no cátodo.
- IV. A reação que ocorre no ânodo é a oxidação do O^{2-} .

Assinale a alternativa que contém todas as afirmativas corretas.

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

57 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.



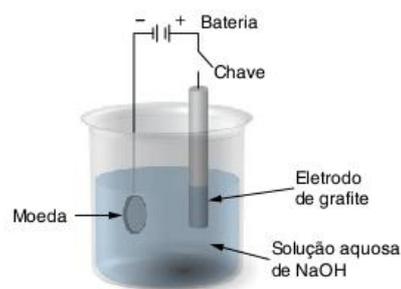
A respeito deste sistema, foram feitas as seguintes afirmações.

- I. Nos ânodos (polos +), formam-se zinco metálico e gás hidrogênio.
- II. 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.
- III. A massa de zinco formada no frasco A é igual à massa de iodo formada no frasco B.
- IV. A solução resultante no frasco B apresenta $\text{pH} > 7$.

Estão corretas as afirmações:

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

58 Fuvest Moedas feitas com ligas de cobre se oxidam parcialmente pela reação do ambiente. Para “limpar” essas moedas, pode-se utilizar o arranjo esquematizado a seguir.



Ao se fechar o circuito, a semirreação que ocorre na moeda é:

- (a) $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$
- (b) $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^+ + \text{e}^-$
- (c) $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$
- (d) $\text{Cu} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow 2\text{Cu}^+$
- (e) $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$

59 UFU 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.

60 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.

Ouro	↓ Força redutora
Platina	
Prata	
Cobre	
Chumbo	
Níquel	
Zinco	

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

- (a) Au, Pt, Ag, Zn, Ni e Pb.
- (b) Au, Pt e Ag.
- (c) Zn, Ni e Pb.
- (d) Au e Zn.
- (e) Ag e Pb.

61 ITA 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, 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.

Leis de Faraday

62 ITA 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 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.

Dados: $F = 96.500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$; $H = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

- (a) 10
- (b) 25
- (c) 50
- (d) 75
- (e) 90

63 UFPR Considere o sistema eletrolítico composto de uma solução aquosa de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ($0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) e por dois eletrodos que não sofrem modificações ao longo da eletrólise. Suponha que uma corrente i passa por esse sistema em um intervalo de tempo igual a Δt , provocando a eletrodeposição de x mols de cobre metálico em um dos eletrodos. Considere ainda que este sistema obedece à lei de Faraday ($Q = n \cdot Z \cdot F$) e que $Q = i \cdot \Delta t$, onde:

- Q = carga elétrica total utilizada na eletrólise
- n = quantidade de matéria do produto (expressa em mol) que é gerado na eletrólise
- Z = número de elétrons transferidos por mol – de produto obtido na eletrólise
- F = constante de Faraday

Com base nas informações e supondo-se que a lei de Faraday seja obedecida em sistemas análogos, é correto afirmar:

- Se o intervalo de tempo Δt fosse dobrado e a corrente i fosse diminuída à metade, a quantidade de cobre depositada cairia pela metade.
- Se a solução aquosa de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ fosse substituída por uma solução aquosa de AgNO_3 , de igual concentração, mantendo-se a corrente i e o intervalo de tempo Δt inalterados, haveria a deposição de $2x$ mol de prata metálica.
- Se a corrente i e o intervalo de tempo Δt fossem dobrados, a massa de cobre eletrodepositado também seria aumentada em duas vezes.
- O cobre metálico seria depositado sobre o cátodo, onde ocorre um processo de redução.
- Se a solução de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ fosse substituída por uma solução aquosa de $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$, de igual concentração, mantendo-se a corrente i e o intervalo de tempo Δt inalterados, haveria a deposição de $1,5x$ mol de cromo metálico.
- A constante de Faraday é igual à carga de um mol de elétrons.
- O processo de eletrólise ocorre espontaneamente.

64 ITA Dependendo da natureza do meio, alcalino ou ácido, a corrosão de alumínio em meio aquoso pode ser representada pelas seguintes semiequações químicas.

- I. $\text{Al}_{(c)} \rightleftharpoons \text{Al}_{(aq)}^{3+} + 3e^- \text{ (CM)}$
- II. $4\text{OH}_{(aq)}^- \rightleftharpoons \text{O}_{2(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 4e^- \text{ (CM)}$
- III. $\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{H}_{(aq)}^+ + 2e^- \text{ (CM)}$

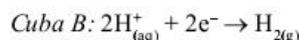
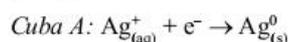
Qual das opções a seguir contém a afirmação errada a respeito do processo de corrosão do alumínio?

- (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.

65 ITA Uma fonte, que fornece uma corrente elétrica constante de 3,00 A, permaneceu ligada a uma célula eletrolítica contendo solução aquosa de H_2SO_4 e dois eletrodos inertes. Durante certo intervalo de tempo, formaram-se 0,200 mol de H_2 em um dos eletrodos e 0,100 mol de O_2 no outro. Para obter as quantidades de produtos indicadas, o intervalo de tempo, em segundos, necessário será:

- (a) $(0,200 - 0,100) \cdot 9,65 \cdot \frac{10^4}{3,00}$
 (b) $0,200 \cdot 9,65 \cdot \frac{10^4}{3,00}$
 (c) $(0,400 - 0,200) \cdot 9,65 \cdot \frac{10^4}{3,00}$
 (d) $(0,400 + 0,200) \cdot 9,65 \cdot \frac{10^4}{3,00}$
 (e) $0,400 \cdot 9,65 \cdot \frac{10^4}{3,00}$

66 IME Em duas cubas eletrolíticas, ligadas em série, ocorrem as reações, cujas equações são mostradas a seguir, pela passagem de uma corrente elétrica de 1 ampère.



Dado: $1 \text{ A} = 1 \text{ C} \cdot \text{s}^{-1}$.

Pede-se:

- o tipo de reação que está ocorrendo.
- a denominação do eletrodo onde ocorrem essas reações.
- o tempo necessário para que ocorra a deposição de 1,08 g de prata.
- o volume, em litros nas CNTP, do hidrogênio produzido durante o tempo determinado na letra c.

67 UFMG Considere a eletrólise de 200 mL de solução 0,10 mol/L de sulfato de cobre II, numa cuba com eletrodos de platina, por uma corrente de 0,20 A. (Faraday = 96.500 C/mol)

Dado: $\text{Cu} = 63,5$.

- Escreva a equação da semirreação catódica.
- Escreva a equação da semirreação anódica.
- Calcule o tempo necessário para reduzir à metade a concentração dos íons Cu^{2+} .

68 Fatec No intervalo de um jogo de futebol da seleção brasileira, para aliviar a tensão, Vinícius resolveu aplicar seus conhecimentos de química e descobriu qual o desgaste da cápsula de zinco da pilha de seu rádio, durante os 90 minutos da partida. Dados: $1\text{F} = 96.500 \text{ C}$; massa molar do $\text{Zn} = 65,0 \text{ g/mol}$. Considerando que a quantidade de carga envolvida é igual a

1.930 C, a cápsula de zinco da pilha sofreu um desgaste de:

- 0,1625 g
- 0,1300 g
- 0,3275 g
- 0,6500 g
- 0,7630 g

69 Uerj As novas moedas de centavos, que começaram a circular no mercado, apresentam uma tonalidade avermelhada obtida da eletrodeposição de cobre a partir de uma solução de sulfato de cobre II.

Para recobrir certo número de moedas, foi efetuada a eletrólise, com uma corrente elétrica de 5 ampère em 1 L de solução 0,10 mol·L⁻¹ em CuSO_4 , totalmente dissociado.

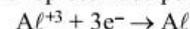
- Escreva a equação química que representa a dissociação do sulfato de cobre II e calcule a concentração dos íons sulfato, em mol·L⁻¹, na solução inicial.
- Determine o tempo necessário para a deposição de todo o cobre existente na solução, considerando $1 \text{ F} = 96.500 \text{ C}$.

70 UEL A eletrólise de certo composto iônico XY fundido, sob corrente elétrica de 1 ampère, durante $9,65 \cdot 10^4$ segundos, foi suficiente para depositar certa massa de metal X que, em gramas, corresponde à metade do valor de sua massa molar. Sendo assim, conclui-se que o número de carga do íon X é: Dado: $1 \text{ faraday} = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$.

- 1+
- 2+
- 3+
- 1-
- 2-

71 PUC-SP O alumínio é um metal leve e muito resistente, tendo diversas aplicações industriais. Esse metal passou a ser explorado economicamente a partir de 1886 com a implementação do processo Héroult-Hall.

O alumínio é encontrado geralmente na bauxita, minério que apresenta alto teor de alumina (Al_2O_3). O processo Héroult-Hall consiste na redução do alumínio presente na alumina (Al_2O_3) para alumínio metálico, por meio de eletrólise. A semirreação de redução é representada por:



Se uma cela eletrolítica opera durante uma hora, passando carga equivalente a 3.600 F, a massa de alumínio metálico produzida é:

- 32,4 kg
- 97,2 kg
- 27,0 kg
- 96,5 kg
- 3,60 kg

72 Cesgranrio Em uma cuba eletrolítica, utilizou-se uma

corrente de 3 A para depositar toda a prata existente em 400 mL de uma solução 0,1 mol/L de AgNO_3 . Com base nos dados, podemos afirmar que o tempo necessário para realizar a operação foi próximo de:

Dados: Pesos atômicos: Ag = 108; N = 14; O = 16;
1 Faraday = 96.500 C.

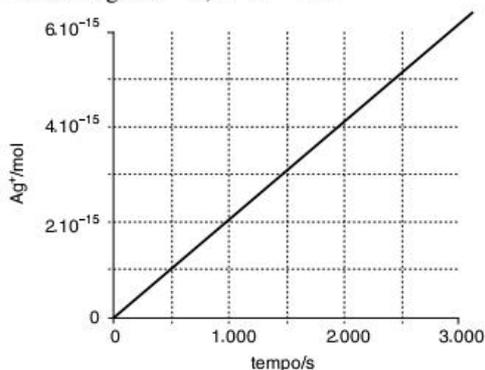
- (a) 21 minutos.
- (b) 10 minutos.
- (c) 5 minutos.
- (d) 3 minutos.
- (e) 2 minutos.

73 Unicamp A Revista n° 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 ($100 \cdot 10^{15}$) 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.

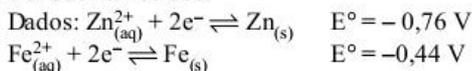
Dado: $F = 96.500 \text{ C mol}^{-1}$,

Constante de Avogadro = $6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

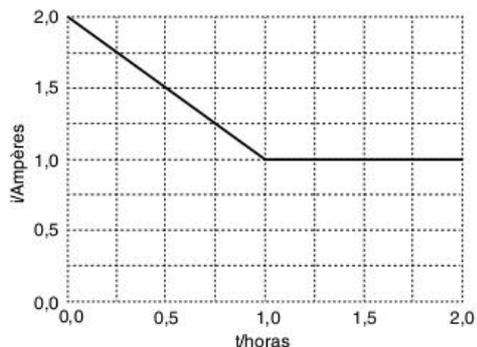


74 UFC Revestimento metálico de zinco sobre ferro é obtido pela redução de íons Zn^{2+} a partir da eletrólise de uma solução aquosa contendo estes íons.

- a) Considerando que ferro e zinco formam um par galvânico, indique, a partir dos valores de potencial padrão de eletrodo, fornecidos abaixo, que metal atuará como ânodo e que metal atuará como cátodo neste par galvânico. Justifique sua resposta em função dos valores de potencial padrão de eletrodo fornecidos.



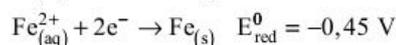
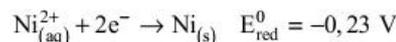
- b) Considerando que, em uma célula eletrolítica, a intensidade de corrente elétrica para a redução de íons Zn^{2+} varia com o tempo, de acordo com o gráfico abaixo, determine o número de moles de zinco metálico reduzido sobre ferro. Dado: Assuma que um mol de elétrons corresponde a uma carga de 96.500 C.



- 75 UFG** O esquema de uma pilha de Ni-Fe é ilustrado abaixo.



As semirreações que ocorrem em cada compartimento dessa pilha e os potenciais de redução das espécies são os seguintes:



Com base nestas informações:

- a) escreva a equação eletroquímica da reação global para o processo espontâneo e a distribuição eletrônica do metal que é produto dessa reação;
- b) determine o número de mols de metal depositado quando essa pilha é ligada a um gerador externo, com f.e.m. = 1,5 V e corrente de 1 A durante $1 \cdot 10^6$ s, sabendo que a massa, em gramas, do metal depositado, é igual a $3,4 \cdot 10^{-4} i \cdot t$ (i = corrente em Ampères e t = tempo em segundos).

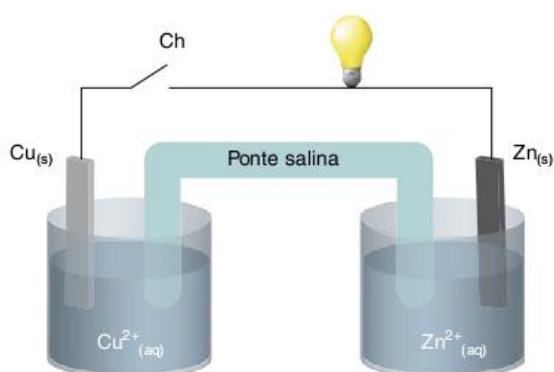
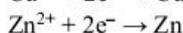
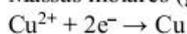
76 UFPR Qual é a massa de cobre que é depositada no cátodo de uma célula eletrolítica quando por ela passa uma corrente de 1 A durante 420 segundos?

Dados: massa atômica $\text{Cu} = 64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; constante de Faraday = $96.485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$; $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$ (reação no cátodo).

77 Unesp A pilha esquematizada, de resistência desprezível, foi construída usando-se, como eletrodos, uma lâmina de cobre mergulhada em solução aquosa, contendo íons Cu^{2+} ($1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$) e uma lâmina de zinco mergulhada em solução aquosa contendo íons Zn^{2+} ($1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$). Além da pilha, cuja diferença de potencial é igual a 1,1 volts, o circuito é constituído por uma lâmpada pequena e uma chave interruptora Ch. Com a chave fechada, o eletrodo de cobre teve um incremento de massa de $63,5 \mu\text{g}$ após 193s.

Dados: $P = U \cdot i$; Carga de um mol de elétrons = 96.500 C ;

Massas molares ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$): $\text{Zn} = 65,4$; $\text{Cu} = 63,5$



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

- (a) 1,1 mW
- (b) 1,1 W
- (c) 0,55 mW
- (d) 96.500 W
- (e) 0,22 mW

78 Uece Ao entrar na sua sala de aula, um aluno de química foi surpreendido pelo teor de algumas frases sobre variados temas da química.

- I. O metano, um gás estufa, é gerado por queima de biomassa, pecuária, depósito de lixo etc.
- II. Os metais alcalino-terrosos são também conhecidos como terras raras.
- III. Os produtos naturais não causam danos à saúde.
- IV. Misturas e substâncias diferem entre si porque as primeiras não obedecem à lei de Proust.
- V. As leis de Faraday tratam apenas de aspectos qualitativos da eletrólise.

São verdadeiras as afirmações:

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

79 Uece Apesar das restrições feitas pelos ecologistas tendo a conversão do cromo III em cromo VI, que é tóxico e carcinogênico, o sulfato de cromo III é o principal composto usado no curtimento de couros. Uma solução do citado material foi eletrolisada para produzir cromo metálico usando-se uma corrente de 4 A durante 40 minutos. A massa de cromo produzida e depositada no cátodo corresponde, aproximadamente, a:

Dados: $\text{Cr} = 52$; $1 \text{ F} = 96.500 \text{ C}$.

- (a) 0,86 g
- (b) 1,72 g
- (c) 2,44 g
- (d) 3,44 g

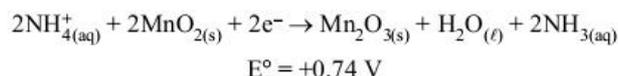
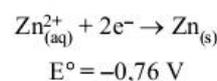
80 Udesc O hidrogênio tem sido proposto como o combustível “ecológico”, já que a sua reação de combustão com oxigênio gera apenas água como produto. No entanto, a concentração do gás hidrogênio na atmosfera é muito pequena e ele precisa ser gerado a partir de outras fontes. Uma das maneiras propostas é a eletrólise da água, que em princípio é uma fonte de hidrogênio praticamente inesgotável.

Dado: 1 mol de elétrons correspondem a 96.500 Coulombs.

Formulário: $Q = i \cdot t$

- a) Escreva a equação que representa a combustão do hidrogênio e a que representa a eletrólise da água.
- b) Na eletrólise da água, qual é o tempo necessário para gerar $2,24 \text{ m}^3$ de hidrogênio, nas CNTP, utilizando uma corrente elétrica de 1.000 A ?

81 PUC-Rio Conhecendo-se as semirreações da pilha seca (Pilha de Leclanché) e seus respectivos potenciais padrões de redução:



Faça o que se pede.

- a) Escreva a equação da semirreação que ocorre no ânodo da pilha.
- b) Escreva a equação da reação global da pilha seca e calcule a sua diferença de potencial (ΔE°).
- c) Considerando a estequiometria da reação global da pilha, calcule a quantidade máxima, em grama, de Mn_2O_3 que pode ser obtida a partir de $0,04 \text{ mol}$ de MnO_2 .

Dados: $\text{Mn} = 54,9$; $\text{O} = 16$.

Texto para a questão 82.

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.

82 Unicamp 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: constante de Faraday = 96.500 coulomb·mol⁻¹; 1 ampere = 1 coulomb·s⁻¹.

83 ITA Cobre metálico exposto à atmosfera ambiente úmida sofre corrosão, com formação de cuprita (Cu₂O) 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 (pH = 7) contendo oxigênio gasoso (O₂) 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 cm².
- III. Densidade de corrente aplicada: 10,0 μA 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 g cm⁻³, calcule o valor numérico da espessura média, expressa em μm, desse óxido formado durante a eletrólise.

Equação de Nernst

84 ITA 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 mol·L⁻¹ de hidróxido de potássio;

Eletrodo II: fio de platina em contato com 180 mL de solução aquosa 0,225 mol·L⁻¹ de ácido perclórico adicionado a 320 mL de solução aquosa 0,125 mol·L⁻¹ de hidróxido de sódio.

Admite-se que a temperatura desse sistema eletroquímico é mantida constante e igual a 25 °C e que a pressão parcial do oxigênio gasoso (PO₂) 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 (d) 0,53
(b) 0,89 (e) 0,46
(c) 0,75

85 ITA 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 FeSO₄ (1,0 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 (PH₂) de 1,0 atm, e a força eletromotriz medida a 25 °C é igual a 0,292 V.

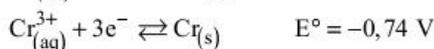
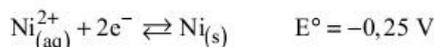
Considerando-se que ambos os metais são quimicamente puros e que a platina é o polo positivo do elemento galvânico formado, assinale a opção correta que apresenta o valor calculado do pH desse meio aquoso.

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 (d) 2,50
(b) 1,50 (e) 3,25
(c) 1,75

86 UFF 2012 O valor do potencial-padrão de redução é determinado, levando-se em consideração os parâmetros concentração (soluções iônicas 1,0 mol/L), pressão (1,0 atm) e temperatura (25 °C). Sabe-se que há variação no valor do potencial da semirreação quando há variação na concentração das espécies que constituem a semirreação. Quando isso ocorre, a equação de Nernst pode ser utilizada para calcular a fem para os valores de diferentes concentrações.

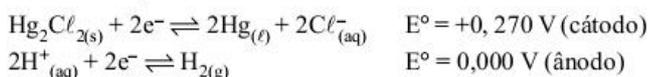
- a) Pede-se definir os termos E, E^o, n, Q, considerando que em termos gerais tem-se $E = E^\circ - (0,059/n)\log Q$.
- b) Escreva a reação da célula, sabendo-se que uma determinada célula utiliza as seguintes semirreações:



- c) Informe por meio de cálculos o valor do potencial (E), sabendo-se que a $[\text{Ni}^{2+}] = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$ e $[\text{Cr}^{3+}] = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$.

87 UFC O pH é um dos parâmetros físico-químicos utilizados no monitoramento ambiental de lagos e rios. Este parâmetro pode ser medido experimentalmente montando-se uma célula galvânica com um eletrodo de hidrogênio (ânodo), sendo a pressão do gás hidrogênio igual a 1,0 bar, e com um eletrodo de calomelano (cátodo), com a concentração de cloreto igual a 1,0 mol·L⁻¹. As semirreações e os respectivos valores de potenciais de eletrodo padrão para os dois eletrodos são dados abaixo. Assinale a alternativa que corretamente indica o pH de uma solução aquosa em que o potencial de eletrodo da célula medido experimentalmente a 298,15 K foi de 0,565 V.

Dados: $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ e $F = 96.500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$.



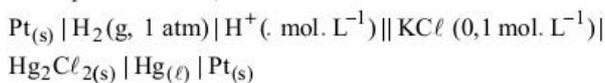
- (a) 1
- (b) 2
- (c) 3
- (d) 4
- (e) 5

88 ITA Uma chapa metálica de cobre recoberta com uma camada passiva de óxido de cobre (I) 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 $10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 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: $E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}_2\text{O}} = 0,20 \text{ V}$; $E^\circ_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1,23 \text{ V}$

89 ITA 2012 A 25°C , a força-eletromotriz da seguinte célula eletroquímica é de $0,45 \text{ V}$:



Sendo o potencial do eletrodo de calomelano – $\text{KCl}(0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}) | \text{Hg}_2\text{Cl}_{2(s)} | \text{Hg}_{(l)}$ – nas condições-padrão igual a $0,28 \text{ V}$ e o valor numérico da concentração dos íons H^+ , assinale a opção com o valor aproximado do pH da solução.

- (a) 1,0
- (b) 1,4
- (c) 2,9
- (d) 5,1
- (e) 7,5

90 ITA Um elemento galvânico é constituído por uma placa de ferro e por uma placa de estanho, de mesmas dimensões, imersas em uma solução aquosa $0,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 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 $\text{Sn}^{2+}_{(aq)}$, diminuindo o valor do potencial de eletrodo do estanho, determine o valor numérico da relação entre as concentrações dos cátions $\text{Sn}^{2+}_{(aq)}$ e $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$, ($[\text{Sn}^{2+}] / [\text{Fe}^{2+}]$), 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:

$$E^\circ_{(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe})} = -0,44 \text{ V}; E^\circ_{(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn})} = -0,14 \text{ V}$$

91 ITA Considere um elemento galvânico formado pelos dois eletrodos (I e II) a seguir, especificados e mantidos separados por uma ponte salina:

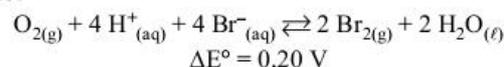
Eletrodo I: chapa retangular de zinco metálico, parcialmente mergulhada em uma solução aquosa $1,0\cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ de cloreto de zinco;

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
- (b) 0,64
- (c) 0,74
- (d) 0,84
- (e) 0,94

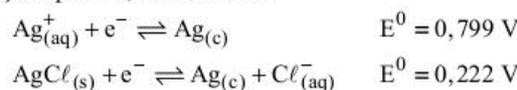
92 ITA Considere a reação química representada pela equação a seguir e sua respectiva força eletromotriz nas condições-padrão:



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) $2,8 < \text{pH} < 3,4$
- (b) $3,8 < \text{pH} < 4,4$
- (c) $4,8 < \text{pH} < 5,4$
- (d) $5,8 < \text{pH} < 6,4$
- (e) $6,8 < \text{pH} < 7,4$

93 ITA Assinale a opção que corresponde, aproximadamente, ao produto de solubilidade do $\text{AgCl}_{(c)}$ em água nas condições-padrão, sendo dados:



em que E° é o potencial do eletrodo em relação ao eletrodo padrão de hidrogênio nas condições-padrão.

- (a) $1\cdot 10^{-18}$
- (b) $1\cdot 10^{-10}$
- (c) $1\cdot 10^{-5}$
- (d) $1\cdot 10^5$
- (e) $1\cdot 10^{10}$

94 ITA 2011 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 ($E^\circ_{CuSO_4/Cu}$) e do alumínio ($E^\circ_{Al^{3+}/Al}$), na escala do eletrodo de hidrogênio, nas condições-padrão:

$$E^\circ_{CuSO_4/Cu} = 0,310 \text{ V}$$

$$E^\circ_{Al^{3+}/Al} = -1,67 \text{ V}$$

- (a) -1,23
- (b) -1,36
- (c) -1,42
- (d) -1,98
- (e) -2,04

95 ITA Calcule o valor do potencial elétrico na escala do eletrodo de hidrogênio nas condições-padrão (E°) da semiequação química $CuI_{(s)} + e^- (CM) \rightleftharpoons Cu_{(s)} + I^-_{(aq)}$

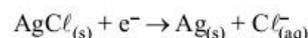
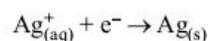
Dados eventualmente necessários: Produto de solubilidade do $CuI_{(s)}$: $K_{ps(CuI)} = 1,0 \cdot 10^{-12}$

Semiequações químicas e seus respectivos potenciais elétricos na escala do eletrodo de hidrogênio nas condições-padrão (E°):

1. $Cu^{2+}_{(aq)} + e^- (CM) \rightleftharpoons Cu^+_{(aq)}$ $E_1^\circ = 0,15 \text{ V}$
2. $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- (CM) \rightleftharpoons Cu_{(s)}$ $E_2^\circ = 0,34 \text{ V}$
3. $Cu^+_{(aq)} + e^- (CM) \rightleftharpoons Cu_{(s)}$ $E_3^\circ = 0,52 \text{ V}$
4. $I_{2(s)} + 2e^- (CM) \rightleftharpoons 2I^-_{(aq)}$ $E_4^\circ = 0,54 \text{ V}$

96 Fuvest 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 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 mol/L.
 - uma ponte salina de nitrato de potássio aquoso, conectando esses dois eletrodos. Constrói-se outra pilha, semelhante à primeira, apenas substituindo-se $AgCl_{(s)}$ por $AgBr_{(s)}$ e $NaCl_{(aq)}$ 0,1 mol/L por $NaBr_{(aq)}$ 0,1 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: $AgCl = 1,8 \cdot 10^{-10}$; $AgBr = 5,4 \cdot 10^{-13}$

97 ITA 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 : $K_{ps}(PbI_2) = 8,5 \cdot 10^{-9}$
- Potenciais de eletrodo em relação ao eletrodo padrão de hidrogênio nas condições-padrão:

$$E^\circ_{(Pb/Pb^{2+})} = -0,13 \text{ V};$$

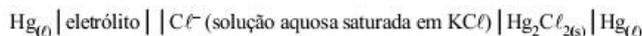
$$E^\circ_{(Ni/Ni^{2+})} = -0,25 \text{ V};$$

$$E^\circ_{(I/I_2)} = 0,53 \text{ V}$$

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) $1 \cdot 10^{-2}$
- (b) $1 \cdot 10^{-3}$
- (c) $1 \cdot 10^{-4}$
- (d) $1 \cdot 10^{-5}$
- (e) $1 \cdot 10^{-6}$

98 ITA 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 mol·L⁻¹ em $Hg^{2+}_{(aq)}$, 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.

Gabarito

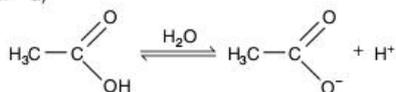
Frente 1

9

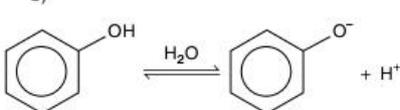
Caráter acidobásico de substâncias orgânicas

Revisando

1. a)



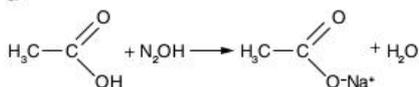
b)



2. A expressão do K_a é feita no sentido direto da equação: com os produtos sobre os reagentes.

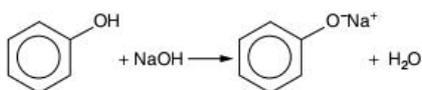
$$K_a = \frac{[\text{HCOO}^-][\text{H}^+]}{[\text{HCOOH}]}$$

3.

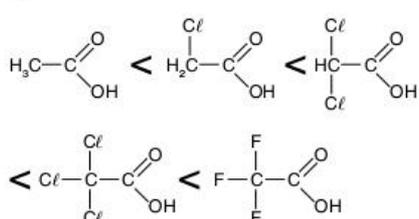


O átomo de hidrogênio (H) do ácido se une à hidroxila (OH) da base para a formação de água (H_2O).

4.



5.

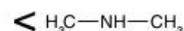
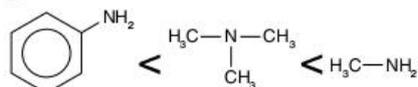


6. c) < a) < b)

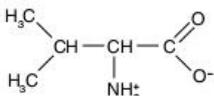
O grupo etil, ligado ao anel aromático em c), repele elétrons em direção a esse anel, o que diminui a polaridade da ligação O-H. O bromo, bastante eletronegativo, aumenta a polaridade da ligação O-H.

7. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_3^+ + \text{Cl}^-$

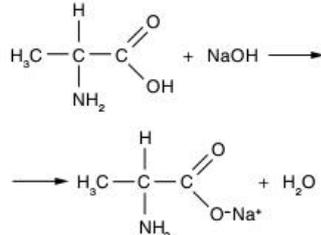
8.



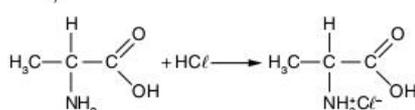
9.



10. a)



b)

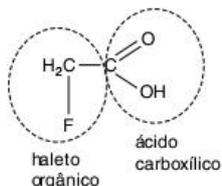


Exercícios propostos

- A
- V; F; F; V; V
- C
- C
- 13
- C
- C
- D
- F; V; V; V; V
- C
- A
- C
- D
- D
- B
- B
- A
- E
- C
- E

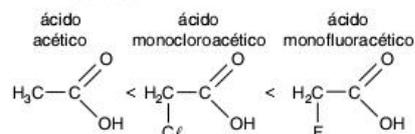
Exercícios complementares

- E
- D
- D
- D
- 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
- E
- B
- 06
- 85
- a)

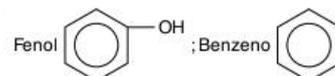


b) Quanto maior a eletronegatividade do grupo ligado ao segundo carbono da cadeia do derivado do ácido acético, maior será o efeito indutivo e maior a acidez do composto.

Como o flúor é mais eletronegativo do que o cloro e o hidrogênio, teremos a ordem apresentada.

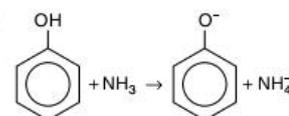


14. a)



Entre as moléculas de fenol, há ligações de hidrogênio, força intermolecular bastante intensa. Isso garante ao fenol uma maior temperatura de ebulição que a do benzeno.

b)

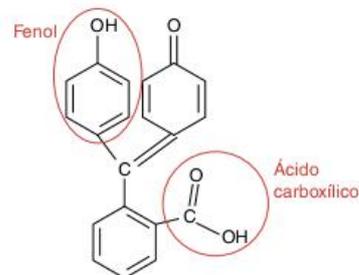


$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] \therefore [\text{H}^+] = 10^{-5}$$

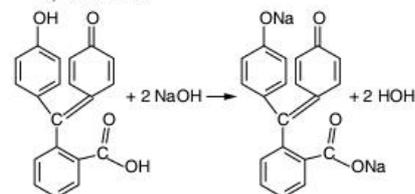
$$K_a = \frac{[\text{A}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{HA}]}$$

$$\text{c) } [\text{A}^-] = [\text{H}^+] = 10^{-5} \therefore K_a = \frac{10^{-5} \cdot 10^{-5}}{1} = 10^{-10}$$

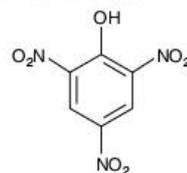
15. a) Podem agir como ácidos de Brønsted-Lowry (doar prótons) as funções ácido carboxílico e fenol:



b) Teremos:



16. Fórmula estrutural do 2,4,6-trinitrofenol

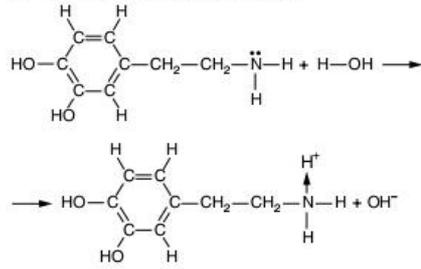


O fenol apresenta, em sua estrutura, três grupos nitro ($-\text{NO}_2$), que têm um forte efeito indutivo, facilitando a ionização do fenol e aumentando seu caráter ácido.

17. D
 18. D
 19. D
 20. A
 21. C
 22. V; F; F; V; F
 23. F; V; V; F; V
 24. E
 25. A
 26. 18
 27. a) $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{H}}{\text{N}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

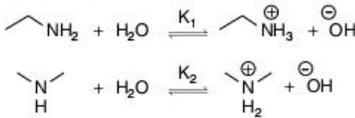
b) 1-aminopropano e 2-aminopropano

28. Com base no conceito de Lewis:



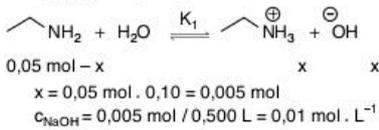
A amina apresenta caráter básico, pois apresenta um par de elétrons livres no nitrogênio e, com isso, atua como receptor de H^+ .

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:
 $\text{C}_2\text{H}_7\text{N} = 45 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ (C = 12, H = 1, N = 14)
 $n_{\text{etilamina}} = 2,25\text{g}/45 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,05 \text{ mol}$



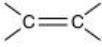
30. a) A presença dos grupos amina e amida permitem que a molécula receba prótons (H^+) da água, o que configura o caráter básico da cafeína.
- b) Teremos:
 Fórmula molecular da frutose: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 180 \text{ g/mol}$
 180 g/mol ————— 100%
 72 g/mol ————— p_{carbono}
 $p_{\text{carbono}} = 40\%$

Revisando

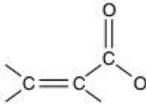
1. Polímeros são **macromoléculas** formadas pela união de muitas moléculas menores denominadas **monômeros**.
2. Os dois principais tipos de polímeros são classificados quanto ao tipo de reação que os produz. São os polímeros de **adição** e os de **condensação**.
3. Polímeros formados por um único tipo de monômero são ditos **homopolímeros**. Polímeros formados por dois tipos de monômeros são ditos **copolímeros**.

4. Os dois principais tipos de polímeros de condensação são **poliésteres** e **poliamidas**.

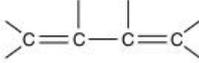
5. a) Vinílicos:



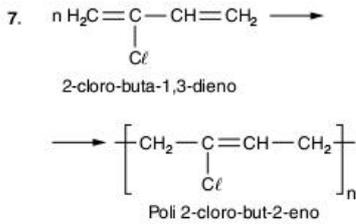
b) Acrílicos:



c) Diênicos:



6. a) $n \text{ H}_2\text{C}=\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \longrightarrow \left[\text{H}_2\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right]_n$
 Propileno Polipropileno (PP)
- b) $n \text{ H}_2\text{C}=\text{CH}_2 \longrightarrow \left[\text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \right]_n$
 Etileno Polietileno

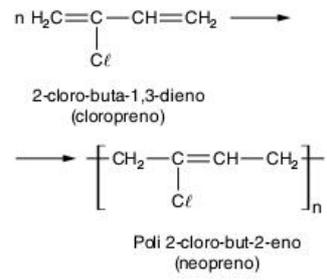


8. $\text{H}_2\text{C}=\underset{\text{CN}}{\text{CH}}$
 Acrilonitrila
9. A Buna S é um copolímero, pois é obtida a partir de dois tipos diferentes de monômeros.
10. As fórmulas estruturais são:
- $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ $\text{HO}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$
 Etilenoglicol Ácido tereftálico

Exercícios propostos

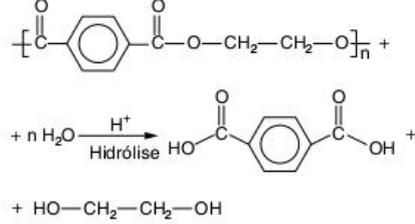
- B
- E
- A
- E
- A
- D
- C
- A
- B
- D
- A
- E
- D
- C; I; C; C; I
- A
- E
- E
- 56
- B
- a) Fórmulas dos monômeros mencionados:
 $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ $\text{H}_2\text{C}=\underset{\text{Cl}}{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2$
 Buta-1,3-dieno 2-cloro-buta-1,3-dieno (cloropreno)

b) A reação é a seguinte:



O tipo de isomeria é a geométrica.

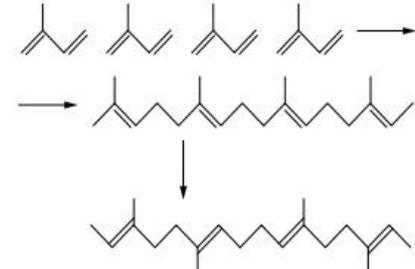
- E
- E
- E
- A
- D
- A
- E
- D
- 15
- 14
- D
- E
- D
- A
- D
- E
- C
- A
- 40.



Exercícios complementares

- E
 - D
 - D
 - 4.
- Poliestireno: $\left(\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right)_n \equiv \left(\text{CH}_2\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5) \right)_n$
- Polipropileno: $\left(\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right)_n \equiv \left(\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3) \right)_n$

- A
- C
- a) Devido à presença de insaturação do polímero, é possível representar um isômero *cis* e um *trans*:

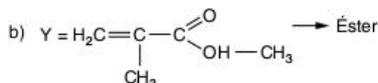
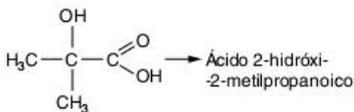
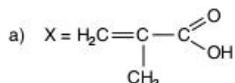
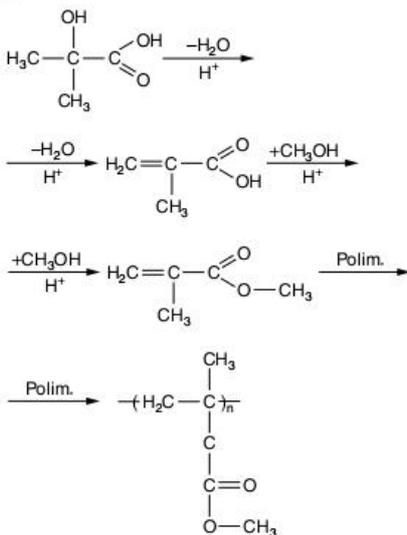


b) Cada monômero é representado por:

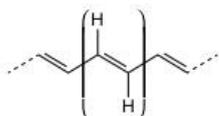


Como a fórmula molecular do monômero é C_5H_8 , o polímero pode ser representado por $(C_5H_8)_{10.000}$.
 Cálculo da massa M ($C = 12$ e $H = 1$):
 $M = (5 \cdot 12 + 8 \cdot 1) \cdot 10.000 = 680.000$.
 $M = 680.000 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

8.

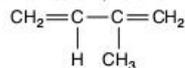


9. a)

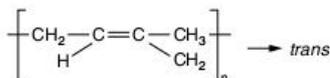
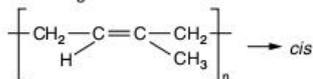


b) Incorreto. A oxidação de qualquer ligação dupla do *trans*-poliacetileno o tornaria não conjugado, impedindo a condução de elétrons. O iodo não insere, e sim retira elétrons.

10. a) 2-metilbuta-1,4-dieno:

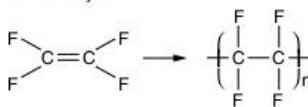


b) Isomeria geométrica:



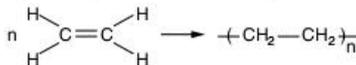
11. A

12. a) Polimerização:



b) O teflon é antiaderente (usado para revestir painéis).

c) O composto formado seria o polietileno



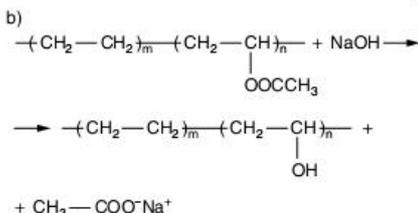
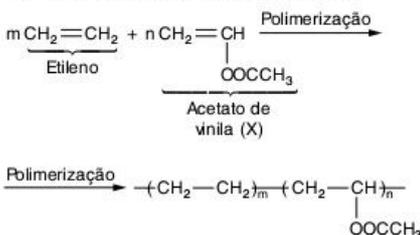
13. C

14. A

15. B

16. D

17. a) O composto X é o acetato de vinila:



18. A

19. B

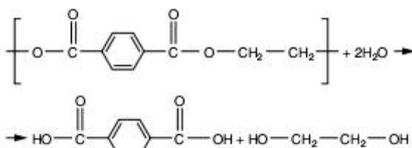
20. a) Cálculo do calor de combustão de um mol do fragmento de PET ($C_{10}H_8O_4$):

$$\begin{array}{l}
 C_{10}H_8O_4 + 10O_2 \rightarrow 10CO_2 + 4H_2O \\
 \Delta H_{\text{combustão}} = \sum_{\text{Produtos}} - \sum_{\text{Reagentes}} \\
 \Delta H_{\text{combustão}} = [10 \times (-394) + 4 \times (-286)] - [(-476) + 0] \\
 \Delta H_{\text{combustão}} = -4.608 \text{ kJ/mol}
 \end{array}$$

Cálculo da energia liberada em 48 g do fragmento de PET

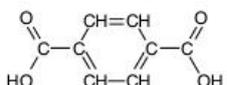
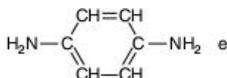
$$\begin{array}{l}
 1 \text{ mol } (C_{10}H_8O_4) = 192 \text{ g} \\
 192 \text{ g} \rightarrow 4.608 \text{ kJ (liberados)} \\
 48 \text{ g} \rightarrow E \\
 E = 1.152 \text{ kJ liberados (uma garrafa)} \\
 \text{ou } E = -1.152 \text{ kJ.}
 \end{array}$$

b) Teremos:

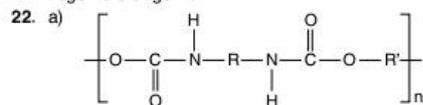


21. A função orgânica é a amida.

As fórmulas estruturais dos monômeros são:



As interações existentes são ligações de hidrogênio, pela presença de hidrogênio ligado a nitrogênio e oxigênio.



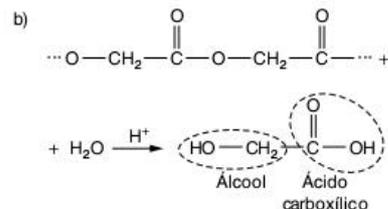
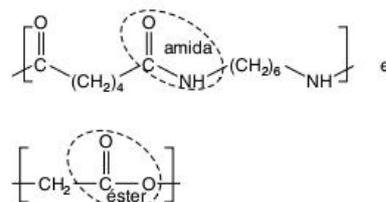
b) Não. O ácido láctico não poderia ser usado para produzir um tipo de náilon, pois, conforme o texto da questão, a reação requer um ácido dicarboxílico, e o ácido láctico é um ácido monocarboxílico.

23. 06

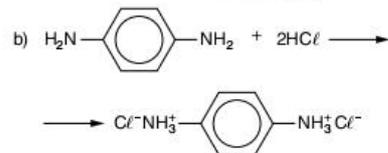
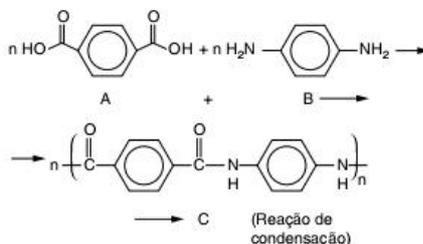
24. F; V; F; F; V

25. C

26. a)

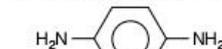


27. a)

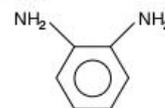


28. C

29. Monômero de caráter básico: $C_8H_8N_2$



Isômero:

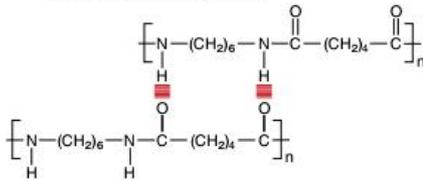


30. D

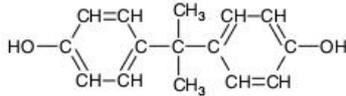
31. B

32. a) O polímero mais resistente à tração é o náilon, pois suas macromoléculas se unem por meio de ligações de hidrogênio ($\text{N}-\text{H} \cdots \text{N}-\text{H}$), ao passo que o polietileno apresenta como interações intermoleculares as dispersões de London.

b) Ligações de hidrogênio:

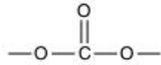


33. a) De acordo com o texto, a estrutura bisfenol A tem duas hidroxilas ligadas a dois núcleos benzênicos, cuja estrutura é mostrada a seguir:



Bisfenol A

b) O termo policarbonato é devido ao ânion carbonato (CO_3^{2-}) que fez parte da polimerização dessa estrutura.



11

Bioquímica

Revisando

1. Amina, ácido carboxílico.
2. Peptídica.
3. Macromoléculas, aminoácidos.
4. Proteínas, catalítica, desnaturação.
5. $\text{C}(\text{H}_2\text{O})$
6. Glicose, frutose.
7. Glicose, frutose, glicosídica.
8. Macromoléculas, glicose.
9. Carboxílicos, longa.
10. Triacilgliceróis, éster, glicerol.
11. A, C, B

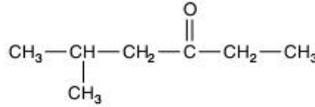
Exercícios propostos

1. D
2. A
3. C
4. B
5. A
6. C
7. A
8. 13
9. D
10. A
11. C
12. 15
13. D
14. D
15. C
16. C
17. E
18. E
19. C
20. A
21. A
22. E
23. D
24. A
25. 46
26. C
27. C
28. C
29. E
30. 30

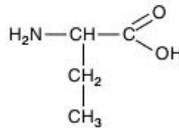
31. D
32. C
33. A
34. D
35. C
36. 26
37. C
38. D
39. B
40. C

Exercícios complementares

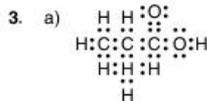
1. a) 5-metil-hexan-3-ona:



b) Ácido 2-aminobutanoico:

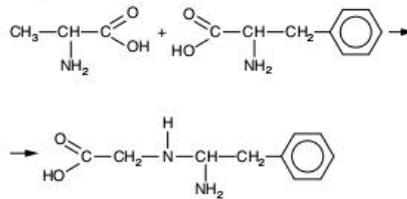


2. E



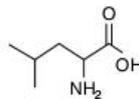
b) Isoleucina, cuja nomenclatura oficial é: 2-amino-3-metil-pentanoico.

c)

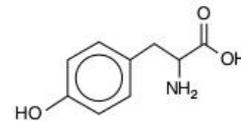


4. A
5. D
6. C
7. D
8. E
9. D

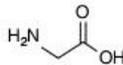
10. a) Leucina:



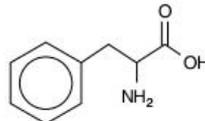
b) Tirosina:



c) Glicina:



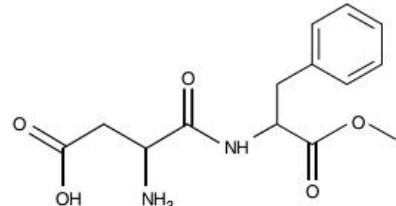
d) Fenilalanina:



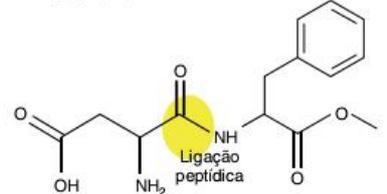
11. 31

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.



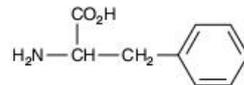
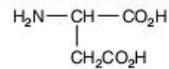
c) A amida é a função química que corresponde à ligação peptídica.

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. a) Observe a figura a seguir:



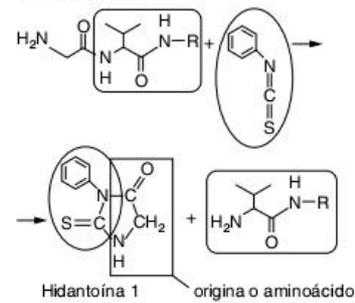
b) A terceira substância formada é o metanol, $\text{H}_3\text{C-OH}$, produzido na hidrólise do grupo éster.

17. D

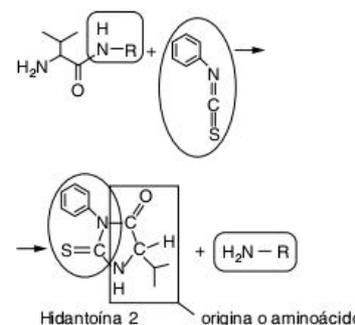
18. D

19. a) As moléculas das hidantoínas produzidas nas reações podem ser utilizadas na descoberta dos aminoácidos que as compõem. Por exemplo:

Primeira reação:



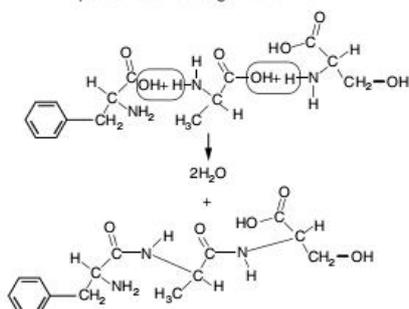
Segunda reação:



A partir da tabela da página de resposta, obtenha os aminoácidos.

Hidantoína	Aminoácido
<p>Primeira hidantoína</p>	
<p>Segunda hidantoína</p>	
<p>Terceira hidantoína</p>	

b) A condensação dos três aminoácidos obtidos na tabela anterior, na ordem dada, gerando o peptídeo desconhecido, pode ser representada da seguinte forma:

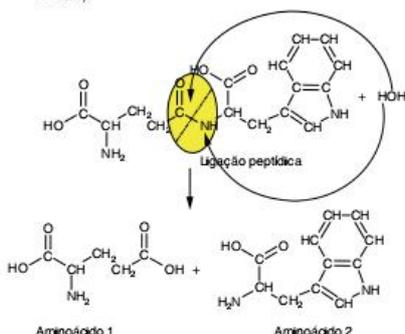


20. a) De acordo com o texto do enunciado, a hidrólise dos polipeptídeos pode ser catalisada por enzimas, como a bromelina, presente no abacaxi.

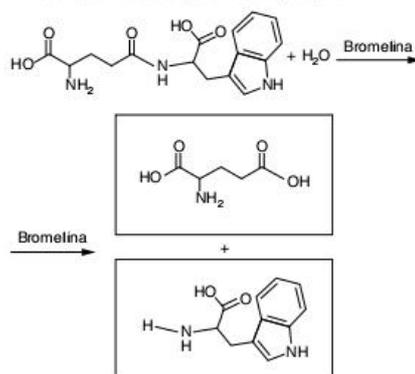
No experimento 3, o reagente utilizado foi o extrato de abacaxi previamente fervido e, nesse caso, ocorreu a gelatinização. Isso significa que a hidrólise não foi possível, ou seja, a fervura degradou a bromelina, que não atuou no processo.

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,

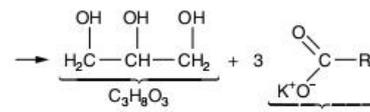
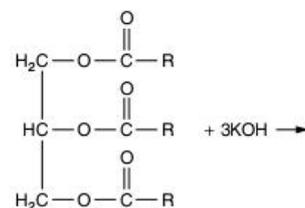


Completando o esquema da figura, vem:



21. a) $K_2O + H_2O \rightarrow 2KOH$
Óxidos básicos reagem com água, formando uma base.

b)

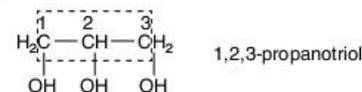


c) A proporção entre triacilglicerídeo e o glicerol é de 1:1.

Assim, a partir de 1 mol de triacilglicerídeo, obtém-se 1 mol de glicerol.

$$m = n \cdot M \therefore m = 1 \cdot (3 \cdot 12 + 1 \cdot 8 + 3 \cdot 16) \therefore m = 92 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

d)



22. A

23. 11

24. D

25. a) Tem-se que 20% dos ácidos graxos saturados ingeridos são oriundos da margarina.

• O teor de calor correspondente aos ácidos graxos saturados é de:

$$\frac{0,1}{10\%} \cdot \frac{1.800}{\text{Total de kcal}} = 180 \text{ kcal}$$

• O teor de kcal correspondente aos ácidos graxos saturados da margarina é:

$$\frac{0,2}{20\%} \cdot 180 = 36 \text{ kcal}$$

$$\text{Assim, } m_{\text{ácido graxo saturado}} \cdot 9 \text{ kcal} = 36 \text{ kcal} \therefore m_{\text{ácido graxo saturado}} = 4 \text{ g}$$

→ Mas em 100 g de margarina há apenas (25%) . 40 g de ácido graxo saturado.

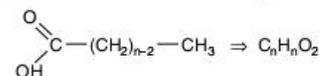
→ Em 100 g de margarina há 10 g de ácido graxo saturado.

Margarina	Ácido graxo saturado
100 g	— 10 g $\therefore m = 40 \text{ g}$
m	— 4 g

b) Os ácidos graxos não têm ligações duplas nem ciclos, portanto não podem conter isomeria *ds-trans*. Já os insaturados apresentam ligações duplas.

26. E

27. a) Os ácidos saturados serão do tipo:



Assim, para cada insaturação, há perda de 2 H. Então, tem-se:

Palmitico: $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2 \Rightarrow$ saturado

Oleico: $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2 \Rightarrow$ uma insaturação

Linoleico: $\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2 \Rightarrow$ duas insaturações

b) O óleo que terá o maior índice de iodo será aquele que tiver mais insaturações.

Oleico (1 insaturação)

Linoleico (2 insaturações)

$$\text{Oliva} \Rightarrow 1 \cdot 85 + 05 \cdot 2 = 95$$

$$\text{Milho} \Rightarrow 1 \cdot 30 + 2 \cdot 60 = 150$$

O óleo de milho será mais insaturado e terá maior índice de iodo.

28. D

29. B

30. C

31. D

32. E

33. B

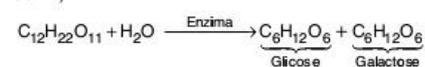
34. E

35. D

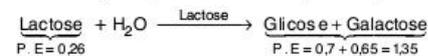
36. C

37. D

38. a)



b) Teria seu índice de doçura aumentado. Pela reação expressa na letra "a", tem-se que:



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, óleo diesel, entre outros. O petróleo naftênico apresenta predominância de cicloalcanos e dele se obtém óleos lubrificantes, gasolina, entre outros. Já o petróleo aromático apresenta alta concentração de hidrocarbonetos aromáticos e dele se obtém solventes, gasolina, entre outros.

2. C

3. É uma grandeza que mede a resistência à compressão da mistura combustível/ar e, consequentemente, 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

1. B

2. A

3. E

4. B

5. B

6. A

7. B

8. C

9. A

10. D
11. E
12. 14
13. A
14. B
15. 24
16. A
17. E
18. D
19. B
20. B

Exercícios complementares

1. 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. Sendo 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.

2. B
3. D
4. A
5. A
6. E
7. 05
8. 21
9. B
10. B
11. A
12. B
13. B
14. 22
15. 28
16. C
17. C
18. C

19. a) Separação 1: filtração.
Separação 2: destilação fracionada.
- b) Teremos:
1.000 g (etanol) ————— 6.900 kJ
46 g (etanol) ————— E
 $E = \frac{46 \text{ g} \cdot 6.900 \text{ kJ}}{1.000 \text{ g}}$
E = 317,40 kJ
1.000 g (bagaço) ————— 4.400 kJ
m_{bagaço} ————— 317,40 kJ
 $m_{\text{bagaço}} = \frac{1.000 \text{ g} \cdot 317,40 \text{ kJ}}{4.400 \text{ g}}$
m_{bagaço} ≈ 72,14 g

20. B

Frente 2

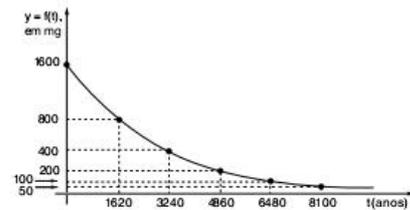
9

Radioatividade

Revisando

1. a) P = 53 e N = 78
P = 54 e N = 77
- b) I - 131:
Para 8 dias, E(total) = 610 keV + 364 keV = 974 keV
I - 123:
Para 8 dias, E(total) = 2.544 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.

2. a) Na falta de insulina a concentração da glicose sanguínea aumenta. Os ácidos graxos são convertidos em ácido acetoacético e consequentemente a sua concentração aumenta, conforme mostra o gráfico, tendendo a valores próximos aos dos ácidos graxos não esterificados.
b) Massa residual = 1,25 g.
3. a) Tempo = 3,84 · 10⁹ anos.
b) $^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^0_{-1}\beta + ^{40}_{20}\text{Ca}$
4. 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:
 $^{269}_{110}\text{Ds} \rightarrow 2\alpha + ^{261}_{108}\text{Hs} \rightarrow 2\alpha + ^{257}_{106}\text{Sg} \rightarrow 2\alpha + ^{253}_{104}\text{Rf} \rightarrow 2\alpha + ^{249}_{102}\text{No}$
5. a) Relação entre as massas = 15.
b) Co⁺³; 3d⁶.
6. a) Trajetória (1): partícula eletrizada com carga negativa é a radiação β (elétron).
Trajetória (2): radiação eletromagnética (raios γ), não é desviada pelo campo elétrico.
Trajetória (3): partícula eletrizada com carga positiva é a radiação α.
b) p p
l → l/2 → l/4
tempo = 16 dias.
c) O gráfico que representa a função é



- d) 1000 mg → 500 mg → 250 mg → 125 mg → 62,5 mg.
 $y = 1000 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{nt}$, onde nt é o número de meias-vidas.
Para o célio-137: n · 30 = 1
n = 1/30, logo, fazemos nt = $\left(\frac{1}{30}\right)t$ → na fórmula anterior.
7. a) X = $^{93}_{36}\text{Kr}$ e Y = $^{90}_{35}\text{Br}$.
b) 9,0 bilhões de anos.
8. Número de átomos = 1,2 · 10²² átomos.
Partículas alfa = 1.
Partículas beta = 2.
9. V; V; V; F
10. 140 dias.
Equação global:
 $\text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Pb} + 1/2 \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
11. $^3_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{He} + ^0_{-1}\beta$
A água permaneceu confinada no aquífero por 48 anos.
12. Massa total: 800 + 200 = 1.000 mg
Ac e Pb.

Exercícios propostos

1. C
2. E
3. D
4. a) x = 30
y = 15
b) x = n^o de massa
y = n^o atômico
5. a) Radiação alfa. Trata-se de núcleos de hélio que são atraídos pela placa negativa.
b) $^{234}_{92}\text{U} \rightarrow 2\alpha + ^{230}_{90}\text{X}$

6. a) $^{223}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{219}_{86}\text{Rn} + 2\alpha$
b) $^{212}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{208}_{82}\text{Pb} + 2\alpha$
7. I) $^{27}_{13}\text{Al} + 2\alpha \rightarrow ^{30}_{15}\text{P} + ^0_{-1}\beta$ (partícula x = nêutron)
II) $^{30}_{15}\text{P} \rightarrow ^{30}_{14}\text{Si} + ^0_{+1}\text{e}$ (elemento Y → Z = 14 e A = 30)
8. B
9. A
10. B
11. D
12. B
13. B
14. C
15. A
16. A
17. D
18. B
19. B
20. A
21. D
22. C
23. V; F; F; F
24. C
25. D
26. 67
27. 31
28. D
29. C
30. B
31. C
32. B
33. D
34. a) m₀ = 800 g
b) $3,2\alpha$
35. B
36. A
37. a) Z = 8; A = 18
b) 100 g
38. B
39. B
40. F; V; F; V; V
41. a) Hélio - ^4_2He
b) 12 anos
42. a) X = Próton
Y = Partícula Beta
b) T = 5.600 anos
43. B
44. A
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. E
51. a) p = 160 dias
O elemento é o Escândio.
b) n = 4 comprimidos
52. A
53. a) $^{203}_{81}\text{Tl} + ^1_0\text{p} \rightarrow ^{201}_{82}\text{Pb} + 3^1_0\text{n}$
b) 146 h
54. a) Cinco vezes.
b) Pelo gráfico: urânio-235 e potássio-40.
c) Pelo gráfico: urânio-238 e tório-232.
55. a) $^{99}\text{MoO}_4^- \rightarrow ^0_{-1}\beta + ^{99}\text{TcO}_4^-$
 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^- \rightarrow \gamma + ^{99}\text{TcO}_4^-$
b) 0,25 mol/L

Exercícios complementares

1. B
2. E
3. A
4. D
5. C
6. D
7. B

8. D
 9. B
 10. E
 11. E
 12. E
 13. a) ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\alpha \rightarrow {}^1_1\text{p} + {}^A_Z\text{X}$, então
 ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\alpha \rightarrow {}^1_1\text{p} + {}^{17}_8\text{X}$
 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) ${}_{92}\text{U}^{238} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{92}\text{U}^{239}$
 ${}_{92}\text{U}^{239} \rightarrow {}_{93}\text{Np}^{239} + {}_{-1}^0\text{Y}^0$
 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) ${}_{88}\text{Ra}^{226} \rightarrow {}_{-1}^0\beta^0 + {}_{89}\text{Ac}^{226}$
 - partícula beta
 - são isóbaros, pois apresentam o mesmo número de massa
 b) 45 dias.
 25. 85
 26. ${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^0_{-1}\beta^-$
 27. C
 28. B
 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. F; F; V
 31. B
 32. B
 33. C
 34. a) Etapa II:
 ${}_{84}\text{Po}^{218} \rightarrow {}_{82}\text{Pb}^{214} + 2\alpha^4$
 Etapa III:
 ${}_{82}\text{Pb}^{214} \rightarrow {}_{83}\text{Bi}^{214} + {}_{-1}^0\beta^0$
 b) $6,0 \cdot 10^{23}$ átomos de Hélio
 35. A
 36. A
 37. B
 38. C
 39. $P_{\text{total}} = 1,5 + 4,5 = 6,0$ atm
 40. B
 41. B
 42. C

43. a) O período de meia-vida $\left(t_{1/2} \right)$ é de 80 dias.
 Então:

$$\frac{20\%({}^{192}\text{I})}{80\%({}^{192}\text{Pt})} \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{10\%({}^{192}\text{I})}{90\%({}^{192}\text{Pt})} \xrightarrow{t_{1/2}} \frac{5\%({}^{192}\text{I})}{95\%({}^{192}\text{Pt})}$$

$$\frac{20\%({}^{192}\text{I})}{80\%({}^{192}\text{Pt})} \xrightarrow{80 \text{ dias}} \frac{10\%({}^{192}\text{I})}{90\%({}^{192}\text{Pt})} \xrightarrow{80 \text{ dias}} \frac{5\%({}^{192}\text{I})}{95\%({}^{192}\text{Pt})}$$
 Depois de 160 dias (80 dias + 80 dias).
 b) ${}^{192}_{77}\text{I} \rightarrow {}^{192}_{78}\text{Pt} + {}^0_{-1}\beta$
 O decaimento será do tipo beta.

10 Reações inorgânicas

Revisando

1. a) $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 b) $K_c = [\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2\text{O}]$
 c) Reação de decomposição ou análise, porque a partir de uma substância reagente, obtemos dois ou mais produtos.
 2. A chuva ácida é formada pela reação entre os óxidos e a água presentes na atmosfera. Exemplos:
 $\text{N}_2 + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$
 $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$ (chuva ácida decorrente de óxidos de nitrogênio formados no interior de motores a combustão ou em atmosfera carregada com raios)
 $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$
 $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$
 $\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3$
 $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ (chuva ácida decorrente da formação de óxidos de enxofre originados na queima de combustíveis fósseis ricos em enxofre)
 3. a) Há ruptura de ligação química:
 De química para: elétrica, térmica, mecânica e química.
 De elétrica para: química.
 b) 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.
 1: A oxidação aconteceu mais rápido (esponja de aço possui maior superfície de contato).
 4: A oxidação já havia ocorrido.

Exercícios propostos

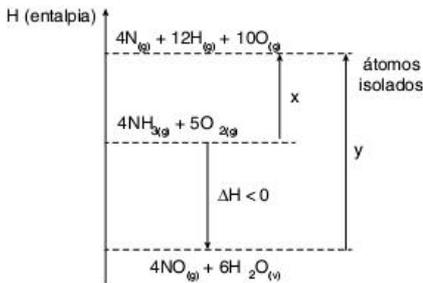
1. Síntese.
 2. Análise ou decomposição.
 3. Deslocamento ou simples troca.
 4. I. Síntese.
 II. Dupla-troca.
 5. B
 6. I. c
 II. d
 III. d
 7. a) decomposição.
 b) simples-troca.
 c) dupla-troca.
 d) simples troca.
 8. Permutação ou dupla-troca.
 9. A
 10. I. Permutação ou dupla-troca.
 II. Análise ou decomposição.
 Nome do gás: gás carbônico.
 11. A
 12. Síntese.
 13. E
 14. E
 15. C
 16. C
 17. a) Dupla-troca.
 b) Cloreto de cálcio. $\text{MA}_x = 40$ u.
 18. A
 19. E
 20. Reação de decomposição; 2, 2, 3.
 $(2\text{KBrO}_3 \rightarrow 2\text{KBr} + 3\text{O}_2)$.

21. C
 22. B
 23. D
 24. D
 25. C
 26. B
 27. D
 28. A
 29. D
 30. D
 31. B
 32. E
 33. D
 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. $\text{Ca}^{2+}_{(aq)} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(s)} \rightarrow \text{CaCO}_{3(s)} \downarrow + 2\text{Na}^{+}_{(aq)}$
 $\text{Mg}^{2+}_{(aq)} + \text{CaO}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Mg(OH)}_{2(s)} + \text{Ca}^{2+}_{(aq)}$
 37. $\text{SiO}_{2(s)} + 4\text{HF}_{(aq)} \rightarrow \text{SiF}_{4(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
 38. 31
 39. A
 40. A
 41. C
 42. a1) A solução fica turva
 $\text{Ba(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 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. D
 44. A
 45. C
 46. A
 47. B
 48. A
 49. E
 50. D
 51. B
 52. D
 53. B
 54. D
 55. C
 56. B
 57. C
 58. C
 59. B
 60. D
 61. A
 62. D
 63. B
 64. D
 65. A
 66. A
 67. B
 68. C
 69. B
 70. C
 71. A
 72. E
 73. B
 74. D
 75. A
 76. B
 77. C
 78. D

Exercícios complementares

1. C
 2. a) A \rightarrow por exemplo: HCl
 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. E
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. A
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
 11. B
 12. E
 13. D
 14. D
 15. A
 16. a) A $\rightarrow \text{O}_2$
 B $\rightarrow \text{Cl}_2$
 C $\rightarrow \text{N}_2$
 b) $\text{Fe} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{FeCl}_2$
17. A
 18. E
 19. D
 20. E
 21. D
 22. A
 23. B
 24. a) Al
 b) Cu
 c) Fe
 d) Cr
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-} .
 $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{PbCrO}_4(\text{s}) \downarrow$
 Sobrará no filtro ($\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{AgCl}$), sólidos.
 Acrescentamos, então, uma solução aquosa de amônia que irá solubilizar o AgCl :
 $\text{AgCl}(\text{s}) + 2\text{NH}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$
 Filtrando novamente e adicionando HCl ao filtrado (excesso de Cl^-), ocorrerá a precipitação de AgCl , de cor branca.
 $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s}) \downarrow + 2\text{NH}_3(\text{aq})$
 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 hidroxapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$).
 Experimento II:
 O material orgânico (osseína) sai pelo aquecimento e resta a hidroxapatita, ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$). A água também sai e a flexibilidade do osso diminui, o osso 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. C
 38. D
 39. A
 40. B
 41. B
42. $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$, 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. B
 48. I. a) I_2 b) Sn c) Mg
 II. $\text{Mg} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{MgO}$
49. C
 50. A
 51. D
 52. a) $\text{CuO}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 b) H_2O
53. D
 54. E
 55. C
 56. A
 57. C
 58. V; F; V; V; F
 59. E
 60. E
 61. A
 62. B
 63. 05
 64. D
 65. B
 66. B
 67. E
 68. B
 69. E
 70. B
 71. B
 72. A
 73. C
 74. A

75. B
 76. C
 77. C
 78. D
 79. D

Frente 3

7

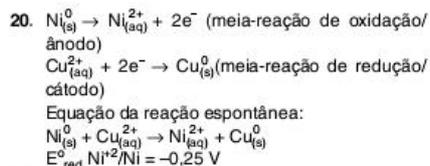
Eletroquímica

Revisando

1. +1,23 V e 163 kJ
2. a) $\text{Li} + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Li}^+ + \text{Ag}$
 b) +3,84 V
3. a) $\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{Ce}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Au}(\text{s}) + \frac{3}{2}\text{Ce}^{3+}(\text{aq})$
 (reação global)
 b) 58,8 min
4. a) Oxidação
 b) Redução
 c) Semirreações:
 $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 1\text{e}^- \rightarrow \frac{1}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
 $2\text{I}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{I}_2(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
 Equação balanceada:
 $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{I}^-(\text{aq}) \rightarrow \frac{1}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \text{OH}^-(\text{aq}) + \frac{1}{2}\text{I}_2(\text{aq})$
- d) -1,37 V
- e) Ao formar-se, o potássio metálico $\text{K}(\text{s})$ reage espontaneamente com $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
 $\text{K}(\text{s}) \rightarrow \text{K}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$; $E_{\text{oxd}} = +2,92 \text{ V}$
 $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 1\text{e}^- \rightarrow \frac{1}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \text{OH}^-(\text{aq})$; $E_{\text{red}} = -0,83 \text{ V}$
 $\text{K}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{K}^+(\text{aq}) + \frac{1}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \text{OH}^-(\text{aq})$; $d.p.p. = +2,09 \text{ V}$

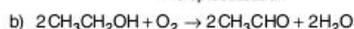
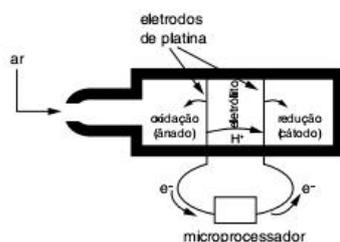
Exercícios propostos

1. E
 2. D
 3. C
 4. a) Agente redutor – $\text{Cd}(\text{s})$ e Agente oxidante – $\text{NiO}_2(\text{s})$
 $\text{Cd}(\text{s}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cd}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2\text{e}^-$
 $\text{NiO}_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$
 $\text{Cd}(\text{s}) + \text{NiO}_2(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cd}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{Ni}(\text{OH})_2(\text{s})$
5. A
6. Experimento I:
 não foi possível.
 Experimento II:
 não foi possível.
 Experimento III:
 foi possível.
7. a) $\text{Cd} \rightarrow \text{Cd}^{+2} + 2\text{e}^-$
 b) 185,4 g
8. C
 9. B
 10. E
 11. 30
 12. A
 13. D
 14. a) $4\text{Al}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Al}(\text{OH})_3$
 $\Delta E = 2,71 \text{ V}$
 b) O fluxo dos elétrons da pilha ocorre do anodo para o catodo, ou seja, de A para B, porém durante a recarga o processo ocorre no sentido contrário, ou seja, de D para C.
15. E
 16. D
 17. D
 18. a) $\text{Ag}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
 b) Sim, pode.
 19. D



21. B
 22. D
 23. E
 24. E
 25. 10
 26. B
 27. a) 0,477 V
 b) $Cu^{2+} + Sn \rightarrow Cu + Sn^{2+}$
 O eletrodo de cobre ganhará massa e o eletrodo de estanho perderá massa.

28. B
 29. D
 30. D
 31. a) Esquematisando, temos:



32. E
 33. E
 34. 38
 35. 56
 36. B
 37. E
 38. D
 39. $A > C > D > B$
 40. f.e.m = + 1,23 V
 $\Delta H = 163 kJ$
 41. Ligação iônica. $RaCl_{2(l)} \rightarrow Ra_{(s)} + Cl_{2(g)}$
 42. A
 43. B
 44. C
 45. 44
 46. A
 47. a) Fe_2O_3 . Ligação iônica.
 b) $2Zn_{(s)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \xrightarrow{Global} 2Zn(OH)_{2(aq)}$
 $\Delta E = 1,16 V$
 48. C
 49. 09
 50. E
 51. C
 52. 88
 53. D
 54. A
 55. D
 56. D
 57. A
 58. A
 59. a) Tubo 1: O_2 (22,4 L); Tubo 2: H_2 (44,8 L)
 b) $H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$
 60. B
 61. E
 62. E
 63. a) Placa da esquerda (positiva).
 b) Cátodo:
 $Cu_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$ (redução do ion Cu^{2+})
 Ânodo:
 $Cu_{(s)} \rightarrow Cu_{(aq)}^{2+} + 2e^-$ (oxidação do cobre)
 64. B
 65. D

66. E
 67. A
 68. A
 69. 50 L
 70. A
 71. C
 72. 24
 73. $i = 2,00 A$
 74. $m_{Ni} = 4,38 g$; $m_{O_2} = 1,19 g$
 75. B
 76. D
 77. C
 78. C
 79. a) Ânodo: $2Cl_{(aq)}^- \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$
 Cátodo: $Ni_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni_{(s)}$
 $i = 27,26 A$
 b) $m_{(com\ excesso)} = 99,15 g$
 80. B
 81. C
 82. E

Exercícios complementares

1. B
 2. C
 3. B
 4. C
 5. A
 6. D
 7. a) I) $Pb_{(s)} \rightarrow Pb_{(aq)}^{2+} + 2e^-$ (oxidação)
 II) $Pb_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb_{(s)}$ (redução)
 b) Espécie oxidante: $Pb(NO_3)_2$ (semicélula II).
 Espécie redutora: $Pb_{(s)}$ (semicélula I).
 c) Da semicélula I (ânodo) para a semicélula II (cátodo).
 d) $[Pb^{2+}] = 0,8 mol/L$
 e) Da semicélula II para a semicélula I.
 8. E
 9. D
 10. E
 11. a) $K = [Co^{2+}][Ni^{2+}]$
 b) O cátion níquel (Ni^{2+}) receberá elétrons ao sofrer redução, e isto ocorre no polo positivo, o eletrodo de níquel.
 c) A pilha deixará de funcionar quando atingir o equilíbrio, ou:
 $[Co^{2+}][Ni^{2+}] = K = 10$
 12. D
 13. V; F; F; F; F
 14. E
 15. a) $Pd_{(aq)}^{2+} + Ni_{(s)} \rightarrow Pd_{(s)} + Ni_{(aq)}^{2+}$
 b) A concentração dos ions Pd^{2+} diminui e a concentração dos ions $Ni_{(aq)}^{2+}$ aumenta na solução.
 c) Nos experimentos A e B, a concentração de Pd^{2+} é constante e a concentração de Ni^{2+} aumenta. O equilíbrio é deslocado para a esquerda: $Pd_{(aq)}^{2+} + Ni_{(s)} \rightleftharpoons Pd_{(s)} + Ni_{(aq)}^{2+}$
 A reação espontânea, que apresenta o maior valor de ddp, é desfavorecida, conforme se observa na tabela. Nos experimentos B e C, a concentração de Ni^{2+} é constante e a concentração de Pd^{2+} diminui, logo, o equilíbrio é deslocado para a esquerda novamente, ou seja, a reação espontânea é desfavorecida (diminui o seu potencial).
 16. B
 17. a) De acordo com a figura:
 $Zn^0 \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ (oxidação; ânodo)
 $Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg^0$ (redução; cátodo)
 $E_{ânodo}^{\circ} = -1,2528 V$
 b) $4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)}$
 c) A água sofre redução na presença de alumínio, pois tem maior potencial de redução.
 18. a) Solução:
 $2Br_{(aq)}^- + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2AgBr_{(s)} + 2NO_{3(aq)}^-$

- b) Reação global:
 $2Ag^+ + 2H_2O + p\text{-di-hidroxibenzeno}$
 $2Ag^0 + 2H_3O^+ + p\text{-benzoquinona}$
 $\Delta V = +0,1 V$ (positiva) \Rightarrow a reação é espontânea.

20. C
 21. E
 22. C
 23. E
 24. A
 25. E
 26. C
 27. a) Agente oxidante: $ClO_{(aq)}^-$; Agente redutor: $H_2O_{2(aq)}$
 b) $\Delta E = +0,205 V$; ΔE positivo: reação espontânea
 c) O hipoclorito e o oxigênio.
 d) $2MnO_{4(aq)}^- + 6H_{(aq)}^+ + 5H_2O_{2(aq)} \rightarrow 2Mn_{(aq)}^{2+} + 5O_{2(g)} + 8H_2O$
 28. 24
 29. E
 30. $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$
 O fluxo de elétrons se dá do compartimento que contém H_2 para o que contém O_2 .
 31. a) $H_{2(g)} \rightarrow 2H^+ + 2e^-$
 b) Massa transformada de $H_2 = 314 g$
 32. $Cd_{(s)} + NiO_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Cd(OH)_{2(aq)} + Ni(OH)_{2(aq)}$
 Reação anódica:
 $Cd_{(s)} + 2OH_{(aq)}^- \rightarrow Cd(OH)_{2(aq)} + 2e^-$
 33. B
 34. a) $Pb_{(aq)}^{2+} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow PbO_{2(s)} + 4H^+ + 2e^-$
 $O_{3(g)} + 2H_{(aq)}^+ + 2e^- \rightarrow O_{2(g)} + H_2O_{(l)}$
 $Pb_{(aq)}^{2+} + O_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow PbO_{2(s)} + 2H_{(aq)}^+ + O_{2(g)}$
 b) $\Delta E = +0,617 V$
 35. a) $CH_3OH + 3/2 O_2 \rightarrow 2H_2O + CO_2$
 b) 0,8 g
 36. a) Magnésio.
 b) Níquel.
 37. B
 38. E
 39. a) Como o zinco possui maior potencial de oxidação (+0,763 V) que o ferro, oxida-se em seu lugar. É um metal de sacrifício.
 b) Como o ferro possui maior potencial de oxidação (+0,409 V) que o estanho, oxida-se em seu lugar. Faz o papel de metal de sacrifício do estanho.
 40. B
 41. C
 42. a) Pelas reações apresentadas, nenhum; pois, para que tivéssemos a oxidação do cobre, duas reações deveriam ocorrer:
 Cátodo: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^- + 0,40 V$
 Ânodo: $2Cu \rightarrow 2Cu^{2+} + 4e^- - 0,34 V$
 Global: $O_2 + 2H_2O + 2Cu \rightarrow 2Cu^{2+} + 2OH^- + 0,06 V$
 Como o V é levemente positivo, o cobre se oxidaria muito lentamente.
 b) Cátodo:
 $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^- + 0,40 V$
 Ânodo: $2Fe \rightarrow 2Fe^{2+} + 4e^- + 0,41 V$
 Global: $O_2 + 2H_2O + 2Fe \rightarrow 2Fe^{2+} + 2OH^- + 0,81 V$
 O ferro atua como ânodo de sacrifício do cobre.
 43. D
 44. A
 45. D
 46. a) $Mg^{2+} + 2OH^- \rightleftharpoons Mg(OH)_2$
 $Mg(OH)_2 + 2HCl_2 \rightleftharpoons MgCl_2 + 2H_2O$
 Eletr lise $\left\{ \begin{array}{l} 2Cl_{(aq)}^- \rightleftharpoons Cl_{2(g)} + 2e^- \text{ (oxida } ^{\circ} \text{ o)} \\ Mg_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mg^0 \text{ (redu } ^{\circ} \text{ o)} \end{array} \right.$
 $MgCl_2 \left\{ \begin{array}{l} MgCl_2 \rightleftharpoons Cl_{2(g)} + Mg_{(s)} \text{ (rea } ^{\circ} \text{ o global)} \end{array} \right.$
 b) Cl_2 (gás)
 Mg (sólido)

47. a) O amperímetro não registrou corrente no experimento A, pois se formou uma solução molecular com o açúcar. Nos experimentos B e C formam-se soluções eletrolíticas.
- b) Gás liberado no eletrodo positivo: oxigênio. Gás liberado no eletrodo negativo: hidrogênio.
- c) O gás liberado foi o gás oxigênio e a deposição de cobre ocorreu no cátodo.
48. a) Tubo I: hidrogênio. Tubo II: oxigênio.
- b) O tubo II é o ânodo, ou seja, na eletrólise da água é o polo positivo.
- c) Porque é ocupado por maior volume de solução, uma vez que o gás oxigênio formado ocupa um volume menor.
49. B
50. D
51. a) O Cl_2 é gasoso nas condições ambientes.
- b) $2\text{NaCl}_{(aq)} \rightleftharpoons 2\text{Na}^+_{(aq)} + 2\text{Cl}^-_{(aq)}$
 $2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons 2\text{H}^+_{(aq)} + 2\text{OH}^-_{(aq)}$
 $2\text{Cl}^-_{(aq)} \rightleftharpoons \text{Cl}_{2(g)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ânodo}$
 $2\text{H}^+_{(aq)} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} \rightarrow \text{cátodo}$
 $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Na}^+ + \text{Cl}_2 + \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ Reação global
52. D
53. A
54. a)
- b) Eletrodo II, pois sofre redução.
- c) O eletrodo I e o pólo é positivo, enquanto o eletrodo II é o pólo negativo.
- d) A reação global que representa o processo é: $\text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ClO}_3 + 3\text{H}_2$
55. E
56. E
57. B
58. C
59. B
60. B
61. E
62. E
63. F; V; F; V; F; V; F
64. C
65. E
66. a) Oxirredução-eletrólise.
- b) Cátodo, pois estão representadas duas reduções.
- c) 965 s
- d) 0,112 L
67. a) Cátodo: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0$
- b) Ânodo: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
- c) 9.650 s
68. D
69. a) $\text{CuSO}_{4(aq)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$
 $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- b) 3.860 s
70. B
71. A
72. A
73. a) $m = 0,0028 \text{ gramas}$
- b) $1,93 \cdot 10^{-13} \text{ A}$
74. a) O zinco atuará como ânodo e o ferro como cátodo.
- b) Serão reduzidos aproximadamente 0,045 mol de zinco.
75. a) $\text{Ni}^{2+}_{(aq)} + \text{Fe}_{(s)} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(aq)} + \text{Ni}_{(s)}$ $E^0 = +0,22 \text{ V}$
 $\text{Ni } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$
- b) 6 mols de ferro
76. $m = 0,14 \text{ g}$
77. A
78. B
79. B

80. a) $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ ou $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$ ou $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$
- b) 5,36 horas
81. a) $\text{Zn}_{(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^-$
- b) $2\text{NH}_4^+_{(aq)} + 2\text{MnO}_2_{(s)} + \text{Zn}_{(s)} \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2\text{NH}_3_{(aq)} + \text{Zn}^{2+}_{(aq)}$
 $\Delta E^0 = 1,50 \text{ V}$
- c) 3,16 g
82. a) $\text{Au}^{3+} + 3\text{Cl}^- \rightarrow \text{Au} + \frac{3}{2}\text{Cl}_2$
- b) $t = 58,8 \text{ minutos}$
83. a) As semirreações são dadas por:
 No eletrodo de Pt:
- ⊖ cátodo/meia-reação de redução: $\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$
- ⊕ ânodo/meia-reação de oxidação: $2\text{Cu}^0 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
- reação global $2\text{Cu}^0 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{Cu}_2\text{O}$
- b) $m_{\text{Cu}_2\text{O}} = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ g}$
- c) $e = 6,18 \cdot 10^{-4} \mu\text{m}$
84. D
85. D
86. a) $E = \text{Potencial de eletrodo}; E^0 = \text{Potencial de eletrodo padrão}; n = \text{número de mols de elétrons envolvidos na semirreação}; Q = \text{quociente de reação da semirreação}$
- b) $3\text{Ni}^{2+}_{(aq)} + 2\text{Cr}_{(s)} \rightleftharpoons 3\text{Ni}_{(s)} + 2\text{Cr}^{3+}_{(aq)}$
- c) $E = 0,425 \text{ V}$
87. E
88. a) $\frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} + 4\text{H}^+_{(aq)} + \text{Cu}_2\text{O}_{(s)} \rightarrow 2\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
 $\Delta E^0 = +1,03 \text{ V}$
- b) $P_{\text{O}_2} > 10^{-61,83} \text{ atm}$
- Logo, para uma pressão parcial de O_2 acima de $10^{-61,83} \text{ atm}$, a reação é termodinamicamente espontânea.
89. C
90. $\frac{[\text{Sn}^{2+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} < 10^{-10,17}$
91. C
92. A
93. B
94. E
95. $E^0 = -0,188 \text{ V}$
96. a) O fluxo de elétrons será da direita para a esquerda.
- $\text{Ag}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)} \rightarrow \text{AgCl}_{(s)}$ (equação global)
- b) $\text{Ag}^+_{(aq)} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}^0_{(s)}$
- c) A segunda pilha.
97. A
98. a) O potencial do eletrodo é menor, pois de acordo com a equação de Nernst:
- $$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln [\text{Cl}^-]^2$$
- Se a $[\text{Cl}^-]$ aumenta, E diminui.
- b) De acordo com a equação de Nernst:
- $$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{1}{[\text{Hg}^{2+}]} \Rightarrow$$
- $$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{1}{2 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow$$
- $$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln (5 \cdot 10^2)$$
- ou seja, com a diminuição da $[\text{Hg}^{2+}]$ o E diminui.
- c)