

Primeira aplicação - Prova resolvida

01. Para impedir a contaminação microbiana do suprimento de água, deve-se eliminar as emissões de efluentes e, quando necessário, tratá-lo com desinfetante. O ácido hipocloroso (HClO), produzido pela reação entre cloro e água, é um dos compostos mais empregados como desinfetante. Contudo, ele não atua somente como oxidante, mas também como um ativo agente de cloração. A presença de matéria orgânica dissolvida no suprimento de água clorada pode levar à formação de clorofórmio (CHCl_3) e outras espécies orgânicas cloradas tóxicas.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. *Química ambiental*. São Paulo: Pearson. 2009 (adaptado).

Visando eliminar da água o clorofórmio e outras moléculas orgânicas, o tratamento adequado é a

- a) filtração, com o uso de filtros de carvão ativo.
- b) fluoretacão, pela adição de fluoreto de sódio.
- c) coagulação, pela adição de sulfato de alumínio.
- d) correção do pH, pela adição de carbonato de sódio.
- e) floculação, em tanques de concreto com a água em movimento.

Resolução: alternativa A

Visando eliminar da água o clorofórmio e outras moléculas orgânicas, o tratamento adequado é a filtração, com o uso de filtros de carvão ativo ou ativado que absorve o clorofórmio e outras moléculas orgânicas devido a sua alta porosidade.

02. Visando minimizar impactos ambientais, a legislação brasileira determina que resíduos químicos lançados diretamente no corpo receptor tenham pH entre 5,0 e 9,0. Um resíduo líquido aquoso gerado em um processo industrial tem concentração de íons hidroxila igual a $1,0 \times 10^{-10}$ mol/L. Para atender a legislação, um químico separou as seguintes substâncias, disponibilizadas no almoxarifado da empresa: CH_3COOH , Na_2SO_4 , CH_3OH , K_2CO_3 e NH_4Cl .

Para que o resíduo possa ser lançado diretamente no corpo receptor, qual substância poderia ser empregada no ajuste do pH?

- a) CH_3COOH
- b) Na_2SO_4
- c) CH_3OH
- d) K_2CO_3
- e) NH_4Cl

Resolução: alternativa D

Para um resíduo líquido aquoso gerado em um processo industrial tem concentração de íons hidroxila igual a $1,0 \times 10^{-10}$ mol/L, teremos:

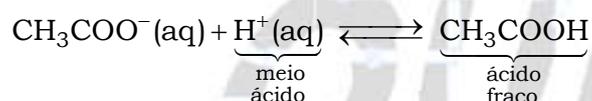
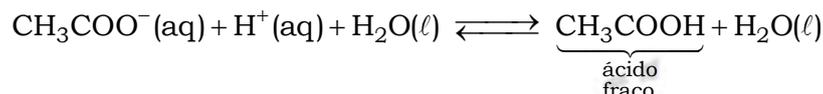
$$[\text{OH}^-] = 10^{-10} \text{ mol/L}$$

$$\text{pOH} = -\log 10^{-10} = 10$$

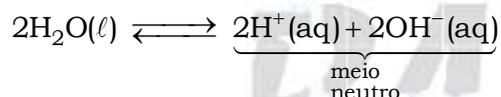
$$\text{pH} = 14 - 10 = 4$$

$$\text{pH} = 4 \text{ (meio ácido)}$$

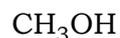
Fazendo a hidrólise dos compostos fornecidos nas alternativas, vem:



O pH do meio diminuirá.

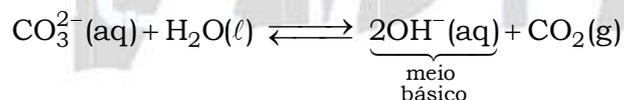
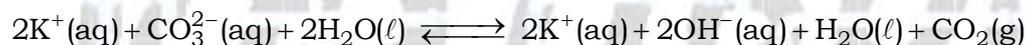
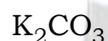


O pH do meio não sofrerá alteração.

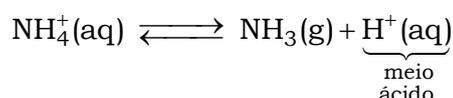
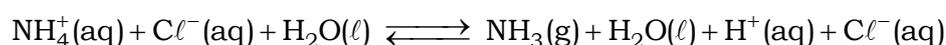


Não sofre hidrólise. Meio neutro.

O pH do meio não sofrerá alteração.

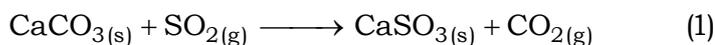


O excesso de ânions OH^- neutralizará os cátions H^+ em excesso e pH do meio aumentará.



O pH do meio diminuirá.

03. Grandes fontes de emissão do gás dióxido de enxofre são as indústrias de extração de cobre e níquel, em decorrência da oxidação dos minérios sulfurados. Para evitar a liberação desses óxidos na atmosfera e a conseqüente formação da chuva ácida, o gás pode ser lavado, em um processo conhecido como dessulfurização, conforme mostrado na equação (1).



Por sua vez, o sulfito de cálcio formado pode ser oxidado, com o auxílio do ar atmosférico, para a obtenção do sulfato de cálcio, como mostrado na equação (2). Essa etapa é de grande interesse porque o produto da reação, popularmente conhecido como gesso, é utilizado para fins agrícolas.



As massas molares dos elementos carbono, oxigênio, enxofre e cálcio são iguais a 12 g/mol, 16 g/mol, 32 g/mol, e 40 g/mol, respectivamente.

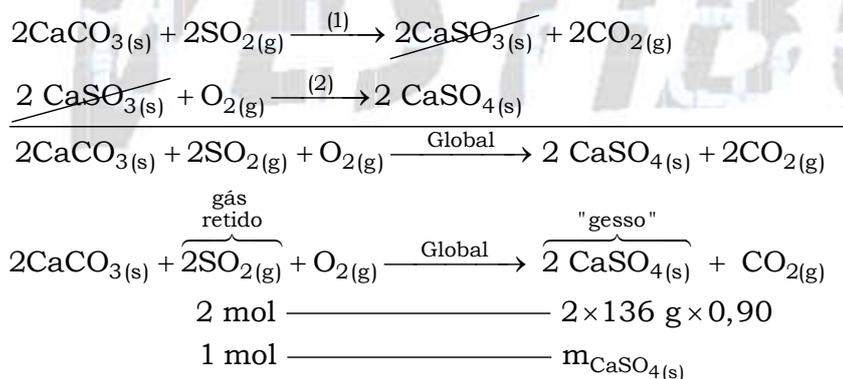
BAIRD, C. *Química ambiental*. Porto Alegre: Bookman. 2002 (adaptado).

Considerando um rendimento de 90% no processo, a massa de gesso obtida, em gramas, por mol de gás retido é mais próxima de

- a) 64.
- b) 108.
- c) 122.
- d) 136.
- e) 245.

Resolução: alternativa C

Somando as duas equações químicas fornecidas no texto do enunciado, vem:

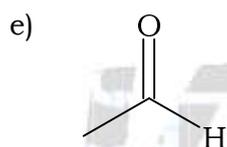
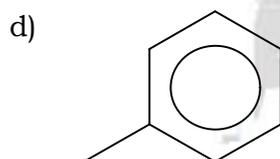
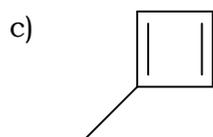
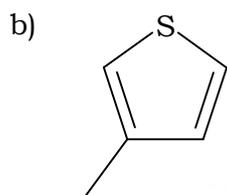
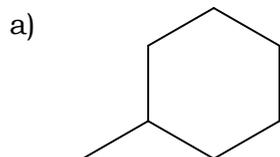


$$m_{\text{CaSO}_{4(s)}} = \frac{1 \text{ mol} \times 2 \times 136 \text{ g} \times 0,90}{2 \text{ mol}} = 122,4 \text{ g}$$

$$m_{\text{CaSO}_{4(s)}} \approx 122 \text{ g}$$

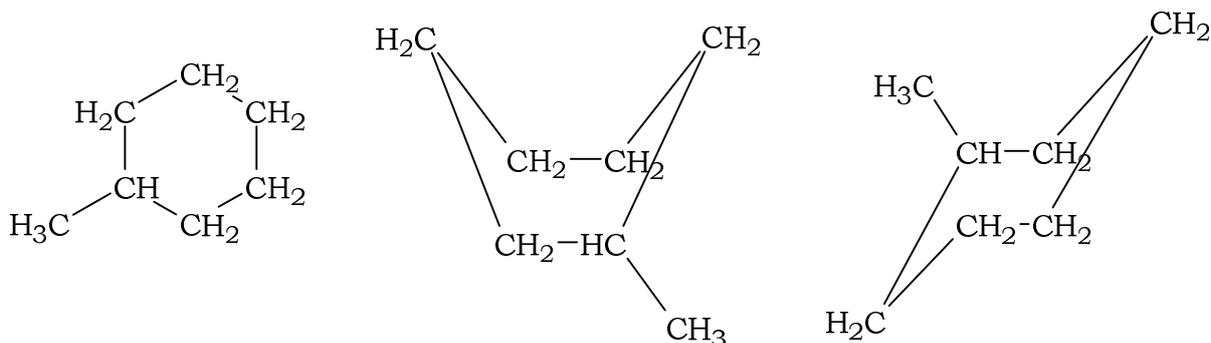
04. A forma das moléculas, como representadas no papel, nem sempre é planar. Em um determinado fármaco, a molécula contendo um grupo não planar é biologicamente ativa, enquanto moléculas contendo substituintes planares são inativas.

O grupo responsável pela bioatividade desse fármaco é



Resolução: alternativa A

A molécula contendo um grupo não planar é biologicamente ativa, ou seja, não apresenta ligação π (π), o que é o caso da alternativa a.



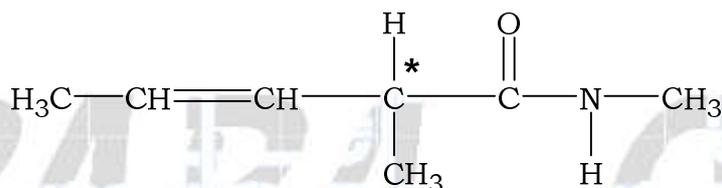
05. O estudo de compostos orgânicos permite aos analistas definir propriedades físicas e químicas responsáveis pelas características de cada substância descoberta. Um laboratório investiga moléculas quirais cuja cadeia carbônica seja insaturada, heterogênea e ramificada.

A fórmula que se enquadra nas características da molécula investigada é

- a) $\text{CH}_3 - (\text{CH})_2 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$.
- b) $\text{CH}_3 - (\text{CH})_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$.
- c) $\text{CH}_3 - (\text{CH})_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CO} - \text{NH}_2$.
- d) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$.
- e) $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$.

Resolução: alternativa B

Molécula quiral (apresenta carbono assimétrico*) cuja cadeia carbônica seja insaturada (apresenta ligação pi), heterogênea (apresenta heteroátomo) e ramificada (apresenta carbono terciário):



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

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

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

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

Resolução: alternativa D

Nesses plásticos, a fragmentação da resina polimérica é facilitada porque os carboidratos presentes são digeridos por organismos decompositores, ou seja, o polímero é biodegradável.

07. Diesel é uma mistura de hidrocarbonetos que também apresenta enxofre em sua composição. Esse enxofre é um componente indesejável, pois o trióxido de enxofre gerado é um dos grandes causadores da chuva ácida. Nos anos 1980, não havia regulamentação e era utilizado óleo diesel com 13000 ppm de enxofre. Em 2009, o diesel passou a ter 1 800 ppm de enxofre (S1800) e, em seguida, foi inserido no mercado o diesel S500 (500 ppm). Em 2012, foi difundido o diesel S50, com 50 ppm de enxofre em sua composição. Atualmente, é produzido um diesel com teores de enxofre ainda menores.

Os Impactos da má qualidade do óleo diesel brasileiro. Disponível em: www.cnt.org.br.

Acesso em: 20 dez. 2012 (adaptado).

A substituição do diesel usado nos anos 1980 por aquele difundido em 2012 permitiu uma redução percentual de emissão de SO₃ de

- a) 86,2 %. b) 96,2 %. c) 97,2 %. d) 99,6 %. e) 99,9 %.

Resolução: alternativa D

Nos anos 1980, não havia regulamentação e era utilizado óleo diesel com 13000 ppm de enxofre. Em 2012, foi difundido o diesel S50, com 50 ppm de enxofre em sua composição, então:

$$13000 \text{ ppm} - 50 \text{ ppm} = 12950 \text{ ppm (redução)}$$

$$13000 \text{ ppm} \text{ ——— } 100 \%$$

$$12950 \text{ ppm} \text{ ——— } p$$

$$p = \frac{12950 \text{ ppm} \times 100 \%}{13000 \text{ ppm}} = 99,615384 \%$$

$$p \approx 99,6 \%$$

08. O principal processo industrial utilizado na produção de fenol é a oxidação do cumeno (isopropilbenzeno). A equação mostra que esse processo envolve a formação do hidroperóxido de cumila, que em seguida é decomposto em fenol e acetona, ambos usados na indústria química como precursores de moléculas mais complexas. Após o processo de síntese, esses dois insumos devem ser separados para comercialização individual.



Considerando as características físico-químicas dos dois insumos formados, o método utilizado para a separação da mistura, em escala industrial, é a

- a) filtração.
- b) ventilação.
- c) decantação.
- d) evaporação.
- e) destilação fracionada.

Resolução: alternativa E

Considerando as características físico-químicas dos dois insumos formados, o método utilizado para a separação da mistura, em escala industrial, é a destilação fracionada devido às diferenças nas forças intermoleculares.

No fenol existem pontes de hidrogênio (ligações de hidrogênio devido à presença da hidroxila), que são forças mais intensas do que o dipolo permanente existente na cetona. Logo a temperatura de ebulição do fenol é maior do que a da cetona, permitindo a separação por destilação fracionada.

09. A capacidade de limpeza e a eficiência de um sabão dependem de sua propriedade de formar micelas estáveis, que arrastam com facilidade as moléculas impregnadas no material a ser limpo. Tais micelas têm em sua estrutura partes capazes de interagir com substâncias polares, como a água, e partes que podem interagir com substâncias apolares, como as gorduras e os óleos.

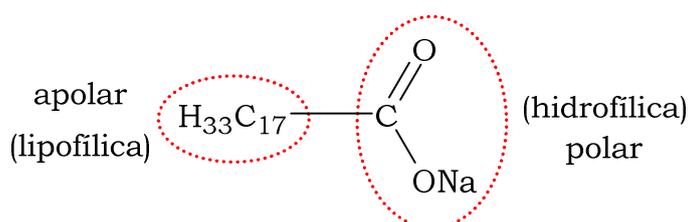
SANTOS, W. L. P; MÔL, G. S. (Coords.). *Química e sociedade*. São Paulo: Nova Geração, 2005 (adaptado).

A substância capaz de formar as estruturas mencionadas é

- a) $C_{18}H_{36}$.
- b) $C_{17}H_{33}COONa$.
- c) CH_3CH_2COONa .
- d) $CH_3CH_2CH_2COOH$.
- e) $CH_3CH_2CH_2CH_2OCH_2CH_2CH_2CH_3$.

Resolução: alternativa B

As micelas têm em sua estrutura partes capazes de interagir com substâncias polares, como a água, e partes que podem interagir com substâncias apolares, como as gorduras e os óleos. Concluimos que se trata de um sabão, $C_{17}H_{33}COONa$.



10. A revelação das chapas de raios X gera uma solução que contém íons prata na forma de $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$. Para evitar a descarga desse metal no ambiente, a recuperação de prata metálica pode ser feita tratando eletroquimicamente essa solução com uma espécie adequada. O quadro apresenta semirreações de redução de alguns íons metálicos.

Semirreação de redução	E^0 (V)
$\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}(\text{aq}) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s}) + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$	+0,02
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	+0,34
$\text{Pt}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pt}(\text{s})$	+1,20
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s})$	-1,66
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{s})$	-0,14
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	-0,76

BENDASSOLLI, J. A. et al. "Procedimentos para a recuperação de Ag de resíduos líquidos e sólidos". *Química Nova*, v. 26, n. 4, 2003 (adaptado).

Das espécies apresentadas, a adequada para essa recuperação é

- a) Cu(s).
- b) Pt(s).
- c) $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$.
- d) Sn(s).
- e) $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$.

Resolução: alternativa D

Neste caso a espécie adequada para essa recuperação deve apresentar o potencial de redução menor do que os íons prata na forma de $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ (+0,02 V).

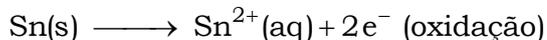
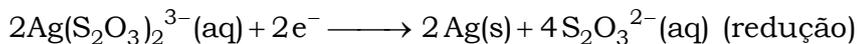
Logo, temos três opções:

$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s})$	$E = -1,66 \text{ V}$
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{s})$	$E = -0,14 \text{ V}$
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	$E = -0,76 \text{ V}$

ou seja,

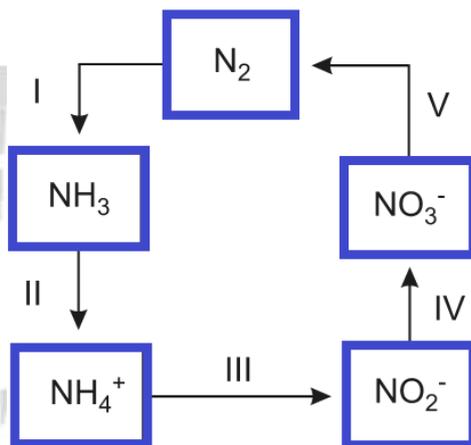


Então,



Conclusão: das espécies apresentadas, a adequada para essa recuperação é Sn(s).

11. A aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados na agricultura pode acarretar alterações no solo e na água pelo acúmulo de compostos nitrogenados, principalmente a forma mais oxidada, favorecendo a proliferação de algas e plantas aquáticas e alterando o ciclo do nitrogênio, representado no esquema. A espécie nitrogenada mais oxidada tem sua quantidade controlada por ação de microrganismos que promovem a reação de redução dessa espécie, no processo denominado desnitrificação.

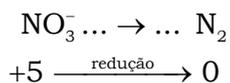


O processo citado está representado na etapa

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

Resolução: alternativa E

Desnitrificação:



12. A utilização de processos de biorremediação de resíduos gerados pela combustão incompleta de compostos orgânicos tem se tornado crescente, visando minimizar a poluição ambiental. Para a ocorrência de resíduos de naftaleno, algumas legislações limitam sua concentração em até 30 mg/kg para solo agrícola e 0,14 mg/L para água subterrânea. A quantificação desse resíduo foi realizada em diferentes ambientes, utilizando-se amostras de 500 g de solo e 100 mL de água, conforme apresentado no quadro.

Ambiente	Resíduo de naftaleno (g)
Solo I	$1,0 \times 10^{-2}$
Solo II	$2,0 \times 10^{-2}$
Água I	$7,0 \times 10^{-6}$
Água II	$8,0 \times 10^{-6}$
Água III	$9,0 \times 10^{-6}$

O ambiente que necessita de biorremediação é o(a)

- a) solo I.
- b) solo II.
- c) água I.
- d) água II.
- e) água III.

Resolução: alternativa B

Para a ocorrência de resíduos de naftaleno, algumas legislações limitam sua concentração em até 30 mg/kg para solo agrícola e 0,14 mg/L para água subterrânea.

Devemos comparar os valores tabelados para os solos a 1 kg.

$$1,0 \times 10^{-2} \text{ g de naftaleno} \text{ ——— } 500 \text{ g de solo}$$

$$m_{\text{Solo I}} \text{ g de naftaleno} \text{ ——— } 1000 \text{ g de solo}$$

$$m_{\text{Solo I}} = \frac{1,0 \times 10^{-2} \text{ g} \times 1000 \text{ g}}{500 \text{ g}}$$

$$m_{\text{Solo I}} = 2 \times 10^{-2} = 20 \text{ mg} < 30 \text{ mg (limite)}$$

$$2,0 \times 10^{-2} \text{ g de naftaleno} \text{ ——— } 500 \text{ g de solo}$$

$$m_{\text{Solo II}} \text{ g de naftaleno} \text{ ——— } 1000 \text{ g de solo}$$

$$m_{\text{Solo II}} = \frac{2,0 \times 10^{-2} \text{ g} \times 1000 \text{ g}}{500 \text{ g}}$$

$$m_{\text{Solo II}} = 4 \times 10^{-2} = \underbrace{40 \text{ mg}}_{\text{(necessita de biorremediação)}} > 30 \text{ mg (limite)}$$

Devemos comparar os valores tabelados para as águas a 1 L.

$7,0 \times 10^{-6}$ g de naftaleno — 100 mL de água

$m_{\text{Água I}}$ g de naftaleno — 1000 mL de água

$$m_{\text{Água I}} = \frac{7,0 \times 10^{-6} \text{ g} \times 1000 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$$

$$m_{\text{Água I}} = 70 \times 10^{-6} = 0,07 \text{ mg} < 0,14 \text{ mg (limite)}$$

$8,0 \times 10^{-6}$ g de naftaleno — 100 mL de água

$m_{\text{Água II}}$ g de naftaleno — 1000 mL de água

$$m_{\text{Água II}} = \frac{8,0 \times 10^{-6} \text{ g} \times 1000 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$$

$$m_{\text{Água II}} = 80 \times 10^{-6} = 0,08 \text{ mg} < 0,14 \text{ mg (limite)}$$

$9,0 \times 10^{-6}$ g de naftaleno — 100 mL de água

$m_{\text{Água III}}$ g de naftaleno — 1000 mL de água

$$m_{\text{Água III}} = \frac{9,0 \times 10^{-6} \text{ g} \times 1000 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$$

$$m_{\text{Água III}} = 90 \times 10^{-6} = 0,09 \text{ mg} < 0,14 \text{ mg (limite)}$$

Conclusão: o ambiente que necessita de biorremediação é o do solo II.

13. O biodiesel não é classificado como uma substância pura, mas como uma mistura de ésteres derivados dos ácidos graxos presentes em sua matéria-prima. As propriedades do biodiesel variam com a composição do óleo vegetal ou gordura animal que lhe deu origem, por exemplo, o teor de ésteres saturados é responsável pela maior estabilidade do biodiesel frente à oxidação, o que resulta em aumento da vida útil do biocombustível. O quadro ilustra o teor médio de ácidos graxos de algumas fontes oleaginosas.

Fonte Oleaginosa	Teor médio do ácido graxo (% em massa)					
	Mirístico (C14:0)	Palmítico (C16:0)	Estearico (C18:0)	Oleico (C18:1)	Linoleico (C18:2)	Linolênico (C18:3)
Milho	< 0,1	11,7	1,9	25,2	60,6	0,5
Palma	1,0	42,8	4,5	40,5	10,1	0,2
Canola	< 0,2	3,5	0,9	64,4	22,3	8,2
Algodão	0,7	20,1	2,6	19,2	55,2	0,6
Amendoim	< 0,6	11,4	2,4	48,3	32,0	0,9

MA, F.; HANNA, M. A. "Biodiesel Production: a review". *Bioresource Technology*, Londres, v. 70, n. 1 jan. 1999

(adaptado).

Qual das fontes oleaginosas apresentadas produziria um biodiesel de maior resistência à oxidação?

- a) Milho.
- b) Palma.
- c) Canola.
- d) Algodão.
- e) Amendoim.

Resolução: alternativa B

Quanto menor a presença de insaturações (ligações duplas), maior a resistência à oxidação, ou seja, quanto mais saturado for o composto, mais ele resiste à oxidação.

Analisando a tabela:

Mirístico (C14:0) 0 insaturação	Palmítico (C16:0) 0 insaturação	Esteárico (C18:0) 0 insaturação
--	--	--

Oleico (C18:1) 1 insaturação	Linoleico (C18:2) 2 insaturações	Linolênico (C18:3) 3 insaturações
---	---	--

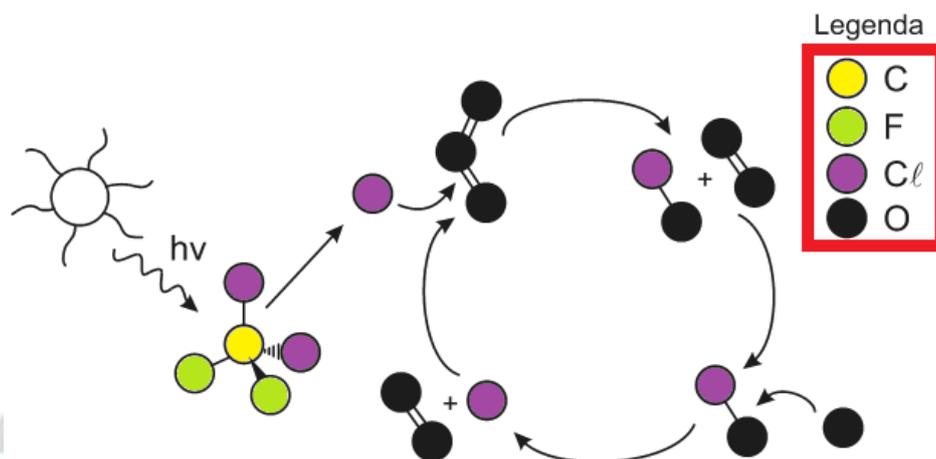
A partir dos ácidos graxos mirístico, palmítico e esteárico, vem:

Teor médio do ácido graxo (% em massa)

	Mirístico (C14:0)	Palmítico (C16:0)	Esteárico (C18:0)	Total
Milho	0,1	11,7	1,9	13,7 %
Palma	1,0	42,8	4,5	48,3 %
Canola	0,2	3,5	0,9	4,6 %
Algodão	0,7	20,1	2,6	23,4 %
Amendoim	0,6	11,4	2,4	14,4 %

Palma	48,3 % (composto mais saturado)
-------	---------------------------------

14. A liberação dos gases clorofluorcarbonos (CFCs) na atmosfera pode provocar depleção de ozônio (O₃) na estratosfera. O ozônio estratosférico é responsável por absorver parte da radiação ultravioleta emitida pelo Sol, a qual é nociva aos seres vivos. Esse processo, na camada de ozônio, é ilustrado simplificadaamente na figura.

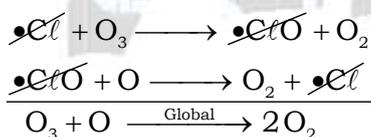


Quimicamente, a destruição do ozônio na atmosfera por gases CFCs é decorrência da

- a) clivagem da molécula de ozônio pelos CFCs para produzir espécies radicalares.
- b) produção de oxigênio molecular a partir de ozônio, catalisada por átomos de cloro.
- c) oxidação do monóxido de cloro por átomos de oxigênio para produzir átomos de cloro.
- d) reação direta entre os CFCs e o ozônio para produzir oxigênio molecular e monóxido de cloro.
- e) reação de substituição de um dos átomos de oxigênio na molécula de ozônio por átomos de cloro.

Resolução: alternativa B

Quimicamente, a destruição do ozônio na atmosfera por gases CFCs é decorrência da produção de oxigênio molecular a partir de ozônio, catalisada por átomos de cloro.



15. Grande quantidade dos maus odores do nosso dia a dia está relacionada a compostos alcalinos. Assim, em vários desses casos, pode-se utilizar o vinagre, que contém entre 3,5% e 5% de ácido acético, para diminuir ou eliminar o mau cheiro. Por exemplo, lavar as mãos com vinagre e depois enxaguá-las com água elimina o odor de peixe, já que a molécula de piridina (C₅H₅N) é uma das substâncias responsáveis pelo odor característico de peixe podre.

SILVA, V. A.; BENITE, A. M. C.; SOARES, M. H. F. B. "Algo aqui não cheira bem... A química do mau cheiro". *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 1, fev. 2011 (adaptado).

A eficiência do uso do vinagre nesse caso se explica pela

- a) sobreposição de odor, propiciada pelo cheiro característico do vinagre.
- b) solubilidade da piridina, de caráter ácido, na solução ácida empregada.
- c) inibição da proliferação das bactérias presentes, devido à ação do ácido acético.
- d) degradação enzimática da molécula de piridina, acelerada pela presença de ácido acético.
- e) reação de neutralização entre o ácido acético e a piridina, que resulta em compostos sem mau odor.

Resolução: alternativa E

A eficiência do uso do vinagre nesse caso se explica pela reação de neutralização entre o ácido acético e a piridina, que apresenta caráter básico no conceito de Lewis, o que resulta em compostos sem mau odor.

