

**Elizabeth Teixeira de Souza
Fabiano Lins da Silva
Jéssica Cruz de Luca de Almeida
Josineide Alves da Silva
Lidiane Aparecida de Almeida
Marcelo Pinheiro de Souza
Suellem Barbosa Cordeiro
Thais Malcher dos Santos Costa Mendes**

QUÍMICA ORGÂNICA PARA O ENEM

 **Pedro & João**
editores

Distribuição gratuita - comercialização proibida

Elizabeth Teixeira de Souza
Fabiano Lins da Silva
Jéssica Cruz de Luca de Almeida
Josineide Alves da Silva
Lidiane Aparecida de Almeida
Marcelo Pinheiro de Souza
Suellem Barbosa Cordeiro
Thais Malcher dos Santos Costa Mendes

QUÍMICA ORGÂNICA para o Enem

1a edição

Copyright © Autoras e autores

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos das autoras e dos autores.

Elizabeth Teixeira de Souza; Fabiano Lins da Silva; Jéssica Cruz de Luca de Almeida; Josineide Alves da Silva; Lidiane Aparecida de Almeida; Marcelo Pinheiro de Souza; Suellem Barbosa Cordeiro; Thais Malcher dos Santos Costa Mendes

Química Orgânica para o Enem. São Carlos: Pedro & João Editores, 2023. 259p. 21 x 29,7 cm.

ISBN: 978-65-265-0932-6 [Digital]

1. Química Orgânica. 2. Exame Nacional do Ensino Médio. 3. Química. I. Título.

CDD – 540

Fotografias e ilustrações: Lidiane Aparecida de Almeida e Marcelo Pinheiro de Souza

Ficha Catalográfica: Hélio Márcio Pajeú – CRB - 8-8828

Editores: Pedro Amaro de Moura Brito & João Rodrigo de Moura Brito

Conselho Científico da Pedro & João Editores:

Augusto Ponzio (Bari/Itália); João Wanderley Geraldi (Unicamp/Brasil); Hélio Márcio Pajeú (UFPE/Brasil); Maria Isabel de Moura (UFSCar/Brasil); Maria da Piedade Resende da Costa (UFSCar/Brasil); Valdemir Miotello (UFSCar/Brasil); Ana Cláudia Bortolozzi (UNESP/Bauru/Brasil); Mariangela Lima de Almeida (UFES/Brasil); José Kuiava (UNIOESTE/Brasil); Marisol Barenco de Mello (UFF/Brasil); Camila Caracelli Scherma (UFFS/Brasil); Luís Fernando Soares Zuin (USP/Brasil).



Pedro & João Editores

www.pedroejoaoeditores.com.br

13568-878 – São Carlos – SP

2023

APRESENTAÇÃO

Caro leitor,

Este livro foi elaborado pela equipe de professores de Química do Instituto de Aplicação da UERJ (CAp-UERJ) e tem como objetivo ser um rico material de estudos direcionado para o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), exame utilizado pelo Ministério da Educação como porta de entrada para diversos cursos de ensino superior do Brasil.

O livro contém aspectos teóricos presentes na Matriz de Referência do Enem, questões de Química Orgânica organizadas por assunto aplicadas no exame desde 2012 até 2022 e suas respectivas resoluções.

Este material foi feito com muito carinho e dedicação para que você faça um estudo minucioso da teoria, resolva as questões correspondentes a cada conteúdo e confira as suas respostas com as resoluções ao final do livro. Caso tenha dúvidas, não hesite em consultar seu professor ou sua professora de Química, pois ele(a) é um(a) orientador(a) fundamental para o seu bom desempenho no Enem.

Boa leitura e preparação.

Os autores.

SUMÁRIO

UNIDADE 1 – O EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO	8
UNIDADE 2 – CONHECENDO A QUÍMICA ORGÂNICA	12
O que estuda a Química Orgânica?	13
Composição das substâncias orgânicas	15
Número de oxidação do carbono	17
Tipos de ligações	21
Hibridização do carbono	22
Classificando os carbonos	23
Representação de substância orgânica	24
Classificando as cadeias carbônicas	32
Determinação da composição centesimal	38
Determinação da fórmula mínima	40
Determinação da fórmula molecular	41
UNIDADE 3 – HIDROCARBONETOS	48
Funções orgânicas	49
Hidrocarbonetos	49
Alcanos	50
Alcenos	58
Alcadienos	60
Alcinos	62
Cicloalcanos	64
Cicloalcenos	66
Hidrocarbonetos aromáticos	67
UNIDADE 4 – FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS	73
Álcoois	74

Fenóis	78
Aldeídos	79
Cetonas	82
Éteres	84
Ácidos carboxílicos	86
Ésteres	88
Anidridos de ácidos carboxílicos	90
UNIDADE 5 – FUNÇÕES ORGÂNICAS NITROGENADAS	95
Aminas	96
Amidas	99
Nitrilas	101
UNIDADE 6 – OUTRAS FUNÇÕES ORGÂNICAS	105
Haleto orgânico	106
Haleto de acila	110
Sais orgânicos	111
Nitrocompostos	112
UNIDADE 7 – ISOMERIA	115
Isomeria plana	116
Isomeria espacial	122
Isomeria geométrica	122
Isomeria ótica	125
UNIDADE 8 – SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS E SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS	137
Propriedades físicas de substâncias orgânicas	138
Ligações intermoleculares	138
Temperatura de ebulição	140
Solubilidade	146

UNIDADE 9 – ACIDEZ E BASICIDADE DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS

Acidez de substâncias orgânicas	160
Basicidade de substâncias orgânicas	162

UNIDADE 10 – REAÇÕES DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS

Reações de adição	168
Hidrogenação catalítica	168
Halogenação	170
Adição de haleto hidrogenado	171
Adição de água	172
Reações de substituição	174
Substituição em alcanos	174
Substituição no benzeno	176
Substituição em derivados do benzeno	178
Substituição em derivados halogenados	181
Reações de oxidação	182
Oxidação enérgica de álcoois	182
Oxidação enérgica de alcenos	184
Ozonólise de alcenos	186
Combustão completa	187
Esterificação	188
Hidrólise de éster	189
Desidratação de álcool	190

UNIDADE 11 – QUÍMICA ORGÂNICA NO COTIDIANO

Petróleo	199
Gás natural	203
Carvão	204
Biocombustíveis	205

Polímeros	207
Polímeros de adição	208
Polímeros de condensação	212
Tipos de polímeros	214
Polímeros condutores	217
Problemas ambientais	218
Plásticos biodegradáveis	221
Sabões e detergentes	222
RESOLUÇÕES DAS QUESTÕES DO ENEM	242
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	257

UNIDADE 1

EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO

O Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) é um exame que possibilita aos inscritos concorrerem a vagas em universidades públicas e privadas de nível superior que participam do Sistema de Seleção Unificada (SiSU).

Esse exame foi instituído pelo Ministério de Educação conforme a Portaria n.º 438 de 28 de maio de 1998 tendo como Órgão responsável pela operacionalização e implementação o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) e possui o objetivo de avaliar o desempenho do estudante que terminou a educação básica, por meio da contextualização, interdisciplinaridade, abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Busca-se a articulação entre a ciência, a tecnologia e as questões sociais, visando formar um cidadão pensante, crítico e capaz de intervir na realidade, além de ser participante ativo de transformação do meio em que vive.

Desde a sua criação, o Enem realiza a medição de competências mentais, definidas como modalidades estruturais da inteligência, avaliando a capacidade de raciocínio do candidato. As provas procuram se desvincular do ensino tradicional em que se valoriza a memorização, incentivando o pensamento e a capacidade de aprender discente. Elas tendem a dar maior importância à capacidade dos candidatos em relacionar as informações apresentadas nos enunciados das questões, desafiando-os a interpretar as informações, organizá-las e coordená-las para a resolução do problema proposto.

Inicialmente, o Enem era aplicado tendo como princípio a avaliação por competências e habilidades dos egressos do ensino médio. Até 2008, o exame

avaliava 5 competências e 21 habilidades contidas em uma matriz de referência. A avaliação envolvia três áreas de conhecimento: Linguagens e Códigos e suas Tecnologias, Ciências Humanas e suas Tecnologias e Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. A prova tinha 63 questões interdisciplinares e contextualizadas, além da redação, e era aplicada em um único dia com duração de 4h.

Esse exame não tinha como foco principal o ingresso no Ensino Superior, pois em 1998 as universidades ainda realizavam o seu próprio vestibular sendo a nota do Enem utilizada para complementar a pontuação obtida nas provas objetivas.

A partir de 2009, houve mudanças no exame e o Novo Enem começou a avaliar quatro áreas de conhecimento: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias e Redação, Ciências Humanas e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Matemática e suas Tecnologias. Assim, cada uma das quatro provas objetivas passou a ter 45 questões de múltipla escolha, totalizando 180 questões e redação, sendo aplicadas em dois dias. O primeiro dia é reservado para as provas de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias e Redação, Ciências Humanas e suas Tecnologias, com duração de 5 horas e 30 minutos e o segundo dia é reservado para as provas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Matemática e suas Tecnologias, com duração de 5 horas. Portanto, o Enem se tornou um instrumento de acesso às universidades públicas, ocorrendo alteração na forma de acesso ao ensino superior, já que o exame substituiu o vestibular tradicional de muitas instituições desse nível de ensino.

Os resultados da análise das questões de Química do Enem ao longo dos anos revelaram que a maior parte privilegiou a contextualização, aparecendo um percentual menor de questões conteudistas.

As questões conteudistas exigem conhecimentos específicos e são desarticuladas do cotidiano do estudante, valorizando a memorização de conteúdos. As questões contextualizadas estão relacionadas com: ciência e tecnologia na atualidade, ciência e tecnologia na cultura contemporânea e ciência e tecnologia na história, também há a contextualização com enfoque nos aspectos ambiental, social, político e econômico.

UNIDADE 2

CONHECENDO A QUÍMICA ORGÂNICA

O que estuda a Química Orgânica?

A ciência Química teve como base as atividades realizadas pela alquimia que combinava conhecimentos práticos envolvendo certos materiais como metais, vidro, cerâmica, corantes, com o pensamento místico oriental e também com a filosofia dos gregos. A busca dos alquimistas pela chamada “pedra filosofal” (algo que tivesse o poder de transformar metas comuns em ouro) e pelo elixir da imortalidade, conduziu à descoberta e produção de novos materiais, além de métodos e técnicas que deram origem ao trabalho experimental.

O filósofo, físico e químico irlandês Robert Boyle (1627-1691) e o químico francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) realizaram estudos fundamentais para a transição da alquimia para a Química como ciência, na segunda metade do século XVIII.

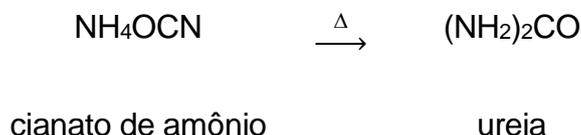
Ao longo do tempo, muitas substâncias foram conhecidas, sendo classificadas em inorgânicas e orgânicas. Porém, no início do século XIX, o termo orgânico ainda era utilizado para as substâncias produzidas por organismos vivos, pois não se conseguia sintetizá-las sem a participação de tais seres.

Em 1777, o Químico, físico e matemático sueco, Torbern Olof Bergman (1735-1784) definiu que as substâncias produzidas por seres vivos eram estudadas pela Química Orgânica, enquanto que as substâncias de origem mineral eram estudadas pela Química Inorgânica.

O químico e médico sueco Jöns Jacob Berzelius (1779-1848) propôs, em 1808, a Teoria da Força Vital, dizendo que as substâncias orgânicas só poderiam ser produzidas por organismos vivos (daí o nome “orgânica”).

Tal teoria deixou de ser válida quando, em 1828, o pedagogo e químico alemão Friedrich Wöhler (1800 – 1882) sintetizou a ureia, uma substância

orgânica, a partir do aquecimento de uma substância inorgânica como o cianato de amônio, cuja reação está representada a seguir:



Tal experimento possibilitou concluir que era possível produzir uma substância orgânica a partir de uma substância inorgânica.

Depois disso, foram produzidas em laboratório várias outras substâncias consideradas como orgânicas, o que levou a uma modificação no conceito de substância orgânica. Como tais substâncias possuíam em comum o elemento químico carbono, a **Química Orgânica** passou a ser definida como a parte Química que estuda as substâncias com determinadas propriedades formadas pelo elemento químico carbono.

Há substâncias que apresentam carbono, mas não possuem as características de substâncias orgânicas, logo elas são classificadas como substâncias inorgânicas.

Exemplos: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), ácido carbônico (H₂CO₃), ácido cianídrico (HCN), carbonato de sódio (Na₂CO₃), bicarbonato de sódio (NaHCO₃), carbonato de cálcio (CaCO₃) etc.

Composição das substâncias orgânicas

As substâncias orgânicas (ou compostos orgânicos) caracterizam-se por estruturas muito variáveis tendo diversas aplicações nos setores petroquímico, de polímeros (plásticos e borracha), fármacos, cosméticos, na área têxtil etc.

Muitas dessas substâncias já são conhecidas desde os primórdios da humanidade. Antes de Cristo, já eram produzidos corantes, bebidas alcoólicas, vinagre e outros materiais. Há relatos de que os alquimistas geraram extratos de diversas plantas, ao buscarem o “elixir da imortalidade”.

Muitas dessas substâncias possuem grande utilidade nos dias atuais. Dentre elas, podemos citar:

- O etanol (C_2H_6O), também conhecido como álcool comum, está presente em bebidas alcoólicas e é utilizado como combustível de automóveis;
- O ácido acético ($C_2H_4O_2$) constitui o vinagre, utilizado para temperar saladas;
- O éter etílico ($C_4H_{10}O$) é largamente empregado em farmácias e hospitais;
- A sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), ou açúcar comum, é um alimento importante presente em diversas plantas.
- O octano (C_8H_{18}) é um dos componentes da gasolina, um combustível ainda usado atualmente.

Nas estruturas de substâncias orgânicas, são encontrados principalmente elementos químicos não metálicos e o carbono está presente em todas elas.

A tabela a seguir apresenta não metais que podem ser encontrados numa substância orgânica, os seus grupos na tabela periódica, o número de ligações covalentes comuns efetuadas por eles e suas representações possíveis na estrutura de uma molécula.

Elemento Químico	Grupo	Número de ligações covalentes comuns	Representações possíveis
Hidrogênio (H)	1	1	H—
Carbono (C)	14	4	$\begin{array}{c} \\ \text{---C---} \\ \end{array}$ ---C= =C= $\text{---C}\equiv$
Nitrogênio (N)	15	3	$\begin{array}{c} \\ \text{---N---} \end{array}$ ---N= $\text{N}\equiv$
Oxigênio (O)	16	2	---O--- O=
Enxofre (S)	16	2	---S--- S=
Flúor (F), Cloro (Cl), Bromo (Br), Iodo (I)	17	1	F— Cl— Br— I—

Não metais encontrados em substâncias orgânicas.

Também há substâncias orgânicas contendo metais e que serão estudadas na unidade 6 deste livro.

Número de oxidação do carbono

Os fenômenos denominados **oxidação** e **redução** ocorrem por transferência de elétrons entre átomos. Tais fenômenos estão presentes em nosso cotidiano quando, por exemplo, um papel queima (combustão), no enferrujamento de um prego, na descoloração de cabelos, quando as pilhas fazem algum equipamento funcionar produzindo corrente elétrica.

Um número utilizado para identificar tais fenômenos é o denominado **número de oxidação** (Nox) de um elemento químico, que é a carga elétrica que esse elemento adquire ao realizar uma ligação química.

Numa ligação iônica ocorre transferência definitiva de elétrons de um átomo perdedor para outro átomo ganhador de elétrons, formando cátion e ânion, respectivamente. Neste caso, o número de oxidação de um determinado elemento químico é a carga elétrica assumida após a efetivação da(s) ligação iônica(s). Por exemplo, na substância cloreto de sódio (NaCl), o cátion é Na^+ e o ânion é Cl^- , então o número de oxidação do sódio nesta substância é +1 e o do cloro é -1. É importante destacar que a soma dos números de oxidação de todos os átomos em uma substância composta é igual a zero.

Numa ligação covalente polar, o átomo que possui maior eletronegatividade atrai o elétron participante da ligação do outro átomo para o lado dele, adquirindo uma carga elétrica parcial negativa, enquanto que o átomo menos eletronegativo fica com uma carga elétrica parcial positiva, devido ao excesso de carga elétrica positiva. Neste caso, o número de oxidação do elemento químico é a carga elétrica parcial adquirida por ele após efetuar a(s) ligação(ões) covalente(s).

Numa ligação covalente apolar, nenhum dos dois átomos envolvidos adquire carga elétrica, pois eles possuem o mesmo valor de eletronegatividade, logo ambos possuem número de oxidação igual a zero.

Para se determinar o Nox de um átomo de carbono numa substância composta, deve-se montar a sua fórmula estrutural plana, colocar as cargas em cada ligação, que dependem das eletronegatividades dos átomos participantes, e por fim somar todas as cargas obtidas pelo átomo.

Em uma determinada ligação polar, o átomo mais eletronegativo recebe a carga -1 e o menos eletronegativo fica com carga +1. Tais valores devem ser colocados no traço que representa a ligação para facilitar o cálculo do Nox.

Se os dois átomos participantes de uma ligação possuem o mesmo valor de eletronegatividade, eles não adquirem carga elétrica, logo coloca-se o valor zero (0) sobre o traço da ligação e ao lado do símbolo de cada átomo.

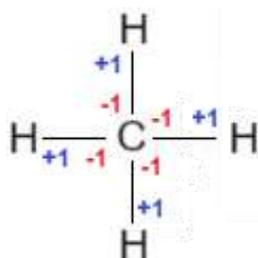
Exemplos:

Os valores das eletronegatividades do carbono, hidrogênio e oxigênio são:

Elemento químico	Eletronegatividade
C	2,5
H	2,1
O	3,5

Observe como são determinados os valores de Nox de cada átomo em algumas estruturas:

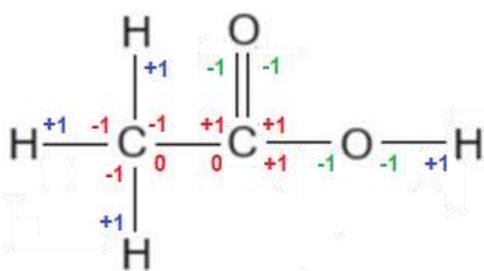
a) Na estrutura a seguir, o carbono é mais eletronegativo que o hidrogênio, logo ele fica com carga igual a -1 em cada ligação efetuada com átomo de hidrogênio, acarretando num Nox total igual a -4. Por sua vez, cada átomo de hidrogênio fica com carga +1.



$$\text{Nox do C} = -1-1-1-1 = -4$$

$$\text{Nox do H} = +1$$

b) Na estrutura a seguir, além das ligações entre carbono e hidrogênio, há também dois átomos de oxigênio ligados ao átomo de carbono da direita. Como o oxigênio é mais eletronegativo que o carbono, em cada ligação efetuada o oxigênio fica com carga igual a -1 e o carbono com carga igual a +1. Na ligação entre oxigênio e hidrogênio, o oxigênio, por ser mais eletronegativo, fica com carga -1 e o hidrogênio com carga igual a +1. Na ligação entre dois átomos de carbono, eles não adquirem carga elétrica, pois possuem a mesma eletronegatividade. O Nox de cada átomo de carbono e de oxigênio é obtido somando todas as cargas adquiridas por eles nas ligações. Como o átomo de hidrogênio só efetua uma ligação, o seu Nox é a carga adquirida nesta interação.



$$\text{Nox do C à esquerda} = -1-1-1+0 = -3$$

$$\text{Nox do C à direita} = +1+1+1+0 = +3$$

$$\text{Nox do H} = +1$$

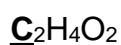
$$\text{Nox de cada O} = -1-1 = -2$$

Este método utiliza a fórmula estrutural plana de uma substância para calcular o Nox de cada átomo da estrutura. Se o Nox de um elemento químico é calculado a partir da fórmula molecular, conforme o método ensinado no livro de Química Geral, o resultado obtido é um valor médio de Nox.

Observe o cálculo da média dos valores de Nox dos dois átomos carbonos presentes na estrutura do item b:

$$\text{Nox médio} = \frac{-3+3}{2} = 0$$

O mesmo resultado é obtido quando se calcula o Nox do elemento químico carbono a partir da fórmula molecular da substância:



2x	+4	-4
<u>C</u> ₂	H ₄	O ₂
x	+1	-2

$$2x + 4 - 4 = 0$$

$$2x = 0$$

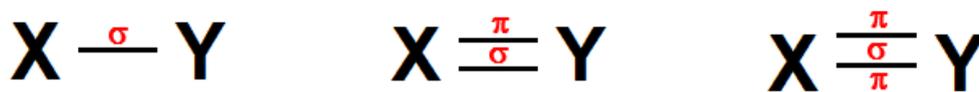
$$x = \frac{0}{2} = 0$$

O Nox do elemento químico carbono pode variar de -4 a +4, passando por zero.

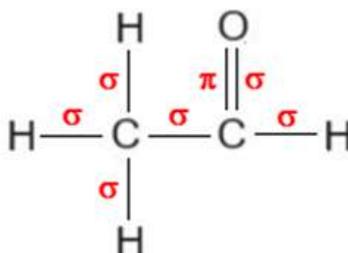
Tipos de ligações

Em 1858, o químico alemão Friedrich August Kekulé (1829-1896) propôs a teoria ou conceito de valência. Ele verificou que o elemento químico carbono (C) é tetravalente, ou seja, ele faz quatro ligações químicas para completar seu octeto (última camada com 8 elétrons). Ele também verificou que os átomos de carbono possuem a propriedade de se ligarem entre si, formando **cadeias carbônicas** de diferentes tamanhos.

O carbono pode efetuar ligações simples, duplas e triplas. Então, considere dois átomos genéricos X e Y ligados entre si. Quando eles se unem por ligação simples, ela é classificada como **sigma (σ)**; quando eles se unem por ligação dupla, uma das ligações é do tipo sigma e a outra é do tipo **pi (π)** e quando eles se unem por ligação tripla, uma das ligações é do tipo sigma e as outras duas são do tipo pi (π).



Exemplo:



A estrutura acima possui **6** ligações **sigma (σ)** e apenas **1** ligação **pi (π)**.

Hibridização do carbono

Elétrons da última camada do átomo de carbono mudam de posição na eletrosfera alterando (misturando) suas órbitas para poderem efetuar as ligações químicas. É a chamada **hibridação** ou **hibridização** do carbono.

A hibridação do carbono pode ser dos tipos:

- **sp³**, quando ele utiliza elétrons de 1 subnível s e de 3 subníveis p;
- **sp²**, quando ele utiliza elétrons de 1 subnível s e de 2 subníveis p;
- **sp**, quando ele utiliza elétrons de 1 subnível s e de 1 subnível p.

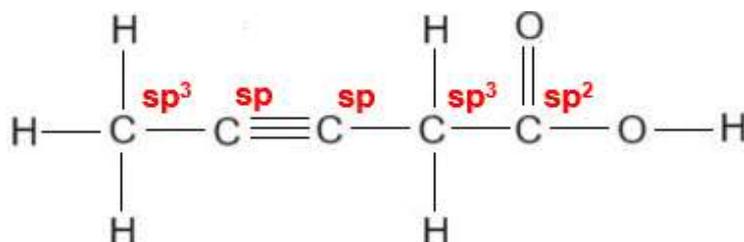
As ligações do tipo sigma do carbono são hibridizadas e na ligação pi o carbono utiliza elétron do subnível p.

A tabela a seguir apresenta a hibridação do carbono conforme os tipos de ligações efetuadas por ele, os ângulos e a geometria apresentada entre as ligações sigma.

Ligações do carbono	Hibridação do carbono	Ângulos entre as ligações σ	Geometria
$\begin{array}{c} \\ \text{---C---} \\ \end{array}$	sp ³	109° 28'	tetraédrica
$\begin{array}{c} \\ \text{---C=} \\ \end{array}$	sp ²	120°	trigonal plana
$\text{=C=} \quad \text{ou} \quad \text{---C}\equiv$	sp	180°	linear

Hibridação do carbono.

Exemplo:



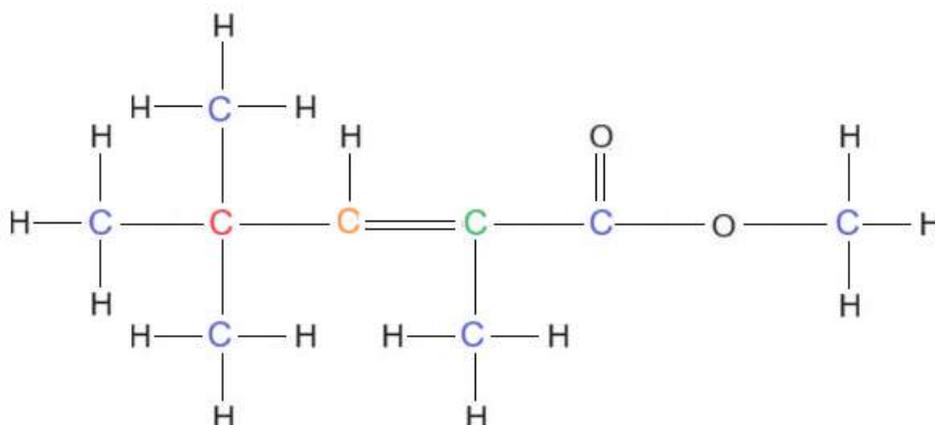
A estrutura acima possui **2** carbonos do tipo **sp³**, **1** carbono do tipo **sp²** e **2** carbonos do tipo **sp**.

Classificando os carbonos

Os átomos de carbono em uma estrutura orgânica podem ser classificados conforme suas vizinhanças em primário, secundário, terciário e quaternário.

- **Carbono primário:** átomo de carbono ligado diretamente a no máximo 1 átomo de carbono.
- **Carbono secundário:** átomo de carbono ligado diretamente a apenas 2 átomos de carbono.
- **Carbono terciário:** átomo de carbono ligado diretamente a apenas 3 átomos de carbono.
- **Carbono quaternário:** átomo de carbono ligado diretamente a 4 átomos de carbono.

Exemplo:



A estrutura possui **6 carbonos primários**, **1 carbono secundário**, **1 carbono terciário** e **1 carbono quaternário**.

Representação de substância orgânica

Uma substância orgânica pode ser representada por diferentes fórmulas:

- **Fórmula estrutural plana:** são apresentados os símbolos de todos os átomos e as ligações presentes na estrutura da substância.

- **Fórmula estrutural condensada:** apresenta os símbolos de todos os átomos, mas as ligações são omitidas (exceto as ligações duplas e triplas entre átomos de carbono). Há a possibilidade de apresentar as ligações simples entre os átomos de carbono, tornando este tipo de fórmula menos condensada, porém mais fácil de ser compreendida.

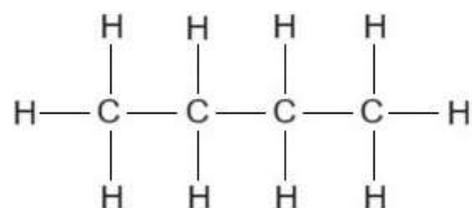
- **Fórmula estrutural em bastão ou em linha de ligação:** a estrutura da molécula é substituída por linhas em “zig-zag”, representando a conformação espacial das ligações entre os átomos de carbono. Cada extremidade da estrutura representa um átomo de carbono. Os átomos de hidrogênio ligados aos átomos de carbono são omitidos.

Quando a estrutura apresenta ligação tripla entre carbonos, os dois átomos de carbono desta ligação e os vizinhos são colocados em linha reta.

- **Fórmula molecular:** apresenta os símbolos dos elementos químicos presentes e as quantidades de átomos de cada um deles presentes em uma molécula da substância.

Exemplo 1:

- Fórmula estrutural plana ou fórmula de Kekulé:



- Fórmula estrutural condensada:

A partir da fórmula estrutural plana, lendo-se da esquerda para a direita, simplifica-se a estrutura omitindo as ligações presentes.



Como o grupo “CH₂” repete duas vezes em sequência, a fórmula pode ser ainda mais simplificada, colocando-o entre parênteses:



Outra possibilidade é não omitir as ligações simples entre os átomos de carbono:



- Fórmula estrutural em bastão ou linha de ligação:

Como a estrutura da molécula possui 4 átomos de carbono em sequência, deve-se montar uma estrutura em “zig-zag” com 4 extremidades, que correspondem aos átomos de carbono. Os átomos de hidrogênio são omitidos.



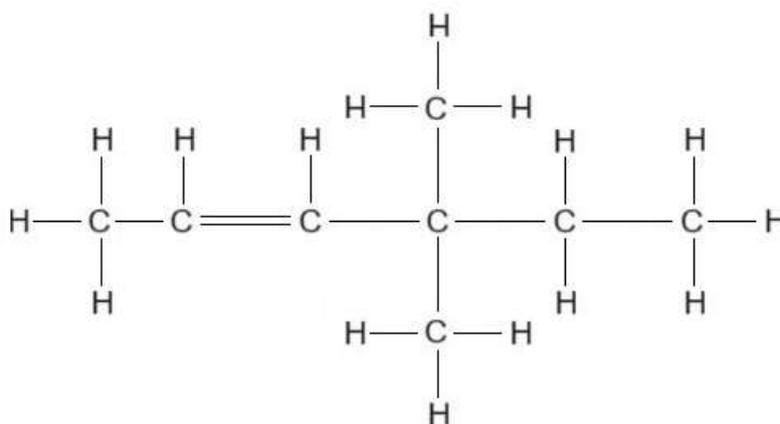
- Fórmula molecular:

A estrutura possui 4 átomos de carbono e 10 átomos de hidrogênio, portanto sua fórmula molecular é **C₄H₁₀**.

O símbolo do carbono é colocado à frente do símbolo do hidrogênio, pois é o elemento principal de uma substância orgânica.

Exemplo 2:

- Fórmula estrutural plana ou fórmula de Kekulé:



- Fórmula estrutural condensada:

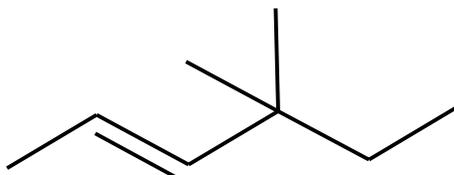


ou



Observe que as partes ligadas ao átomo de carbono quaternário e que ficam fora da maior sequência de átomos de carbono são colocadas entre parênteses.

- Fórmula estrutural em bastão ou linha de ligação:

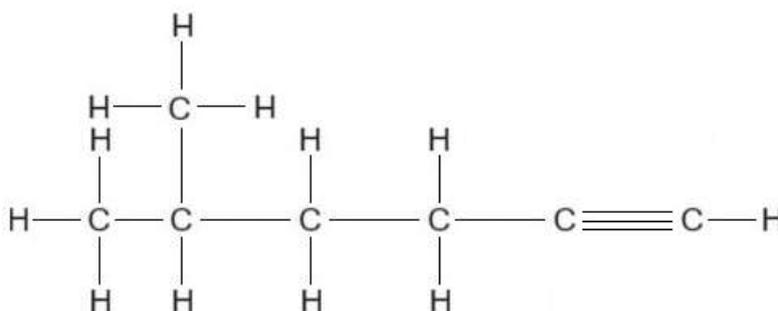


- Fórmula molecular:

A estrutura possui 8 átomos de carbono e 16 átomos de hidrogênio, portanto sua fórmula molecular é **C₈H₁₆**.

Exemplo 3:

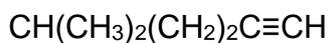
- Fórmula estrutural plana ou fórmula de Kekulé:



- Fórmula estrutural condensada:



ou

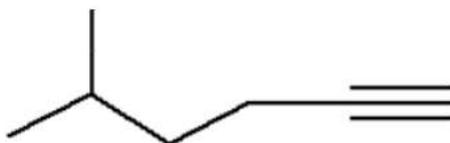


ou



- Fórmula estrutural em bastão ou linha de ligação:

No caso de ligação tripla, os carbonos dessa ligação e seus carbonos vizinhos devem ficar na mesma linha, caracterizando sua geometria espacial linear.

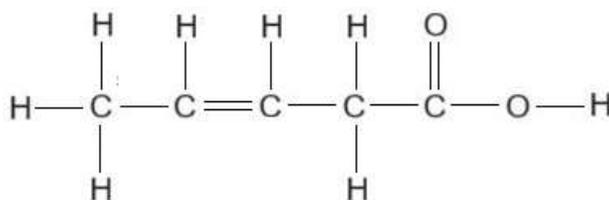


- Fórmula molecular:

A estrutura possui 8 átomos de carbono e 16 átomos de hidrogênio, portanto sua fórmula molecular é **C₈H₁₆**.

Exemplo 4:

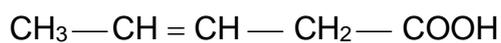
- Fórmula estrutural plana ou fórmula de Kekulé:



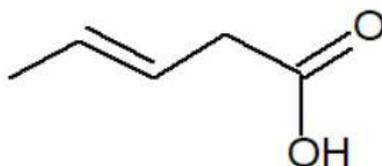
- Fórmula estrutural condensada:



ou



- Fórmula estrutural em bastão ou linha de ligação:



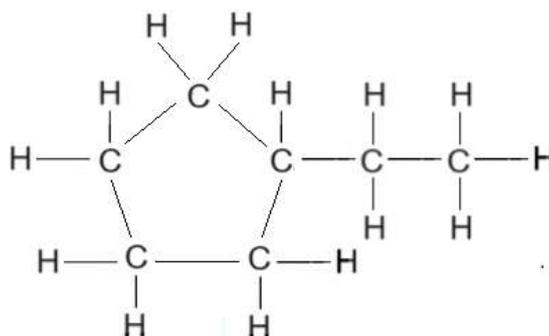
- Fórmula molecular:

A estrutura possui 5 átomos de carbono, 8 átomos de hidrogênio e 2 átomos de oxigênio, portanto sua fórmula molecular é **C₅H₈O₂**.

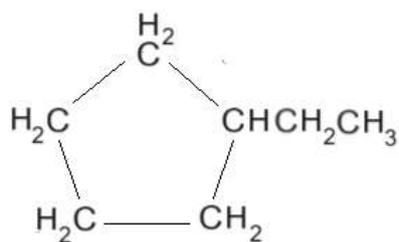
Observe que a ordem dos elementos químicos na fórmula molecular de uma substância orgânica contendo apenas carbono, hidrogênio e oxigênio é: 1º: C, 2º: H e 3º: O.

Exemplo 5:

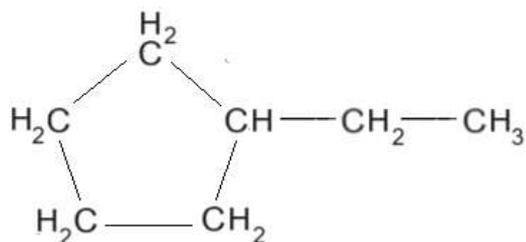
- Fórmula estrutural plana ou fórmula de Kekulé:



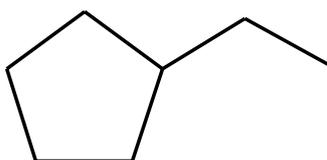
- Fórmula estrutural condensada:



ou



- Fórmula estrutural em bastão ou linha de ligação:

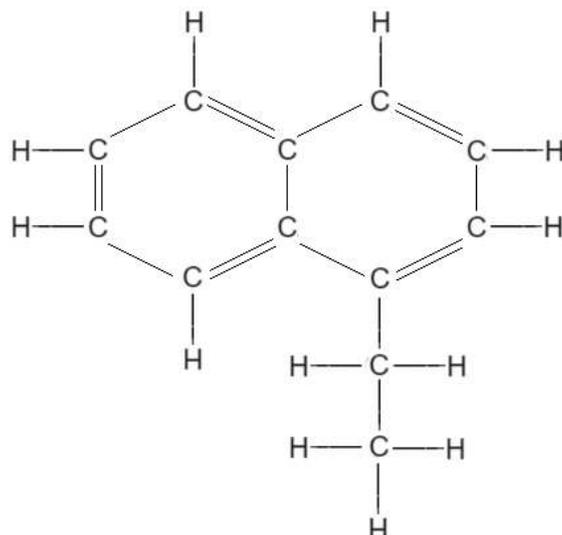


- Fórmula molecular:

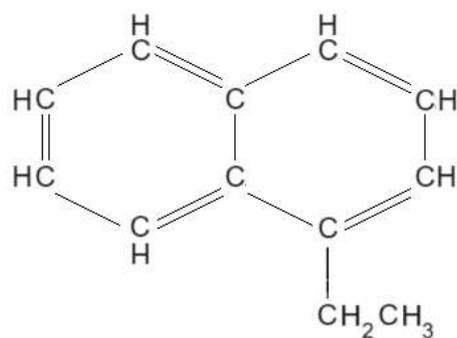
A estrutura possui 7 átomos de carbono e 14 átomos de hidrogênio, portanto sua fórmula molecular é **C₇H₁₄**.

Exemplo 6:

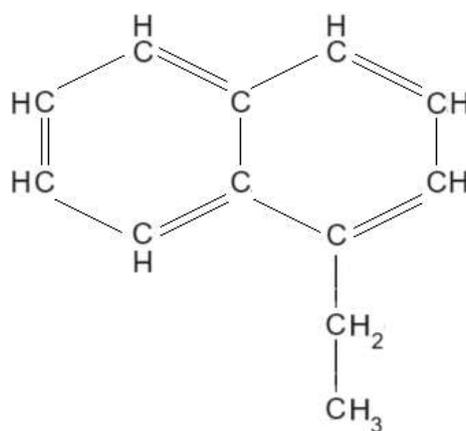
- Fórmula estrutural plana ou fórmula de Kekulé:



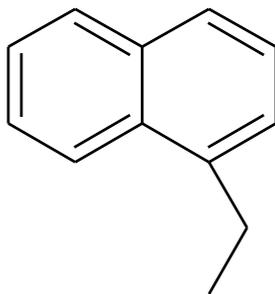
- Fórmula estrutural condensada:



ou



- Fórmula estrutural em bastão ou linha de ligação:



- Fórmula molecular:

A estrutura possui 12 átomos de carbono e 12 átomos de hidrogênio, portanto sua fórmula molecular é **C₁₂H₁₂**.

Classificação das cadeias carbônicas

O fato de o carbono ter a capacidade de formar cadeias acarreta na existência de várias cadeias carbônicas de diferentes formas e tipos. Assim, são conhecidas muito mais substâncias orgânicas do que inorgânicas.

Uma cadeia carbônica pode ser classificada:

- quanto ao seu aspecto;
- quanto ao tipo de carbono;
- quanto ao tipo de ligações;
- quanto à presença de heteroátomo.

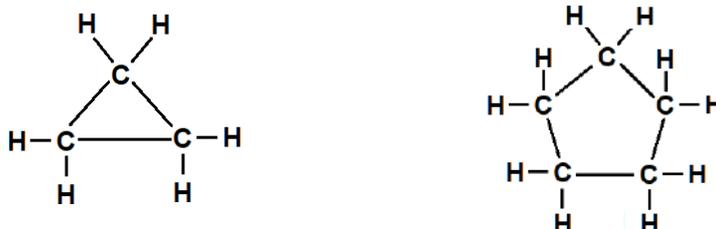
Quanto ao seu aspecto

Quanto ao seu aspecto, uma cadeia carbônica pode ser **fechada**, **aberta** ou **mista**.

Cadeia fechada ou cíclica

Tipo de cadeia carbônica que apresenta um ciclo (ou anel).

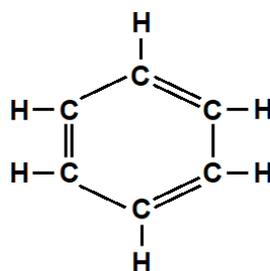
Exemplos:



- A cadeia fechada pode ser **aromática** ou **alícíclica**.

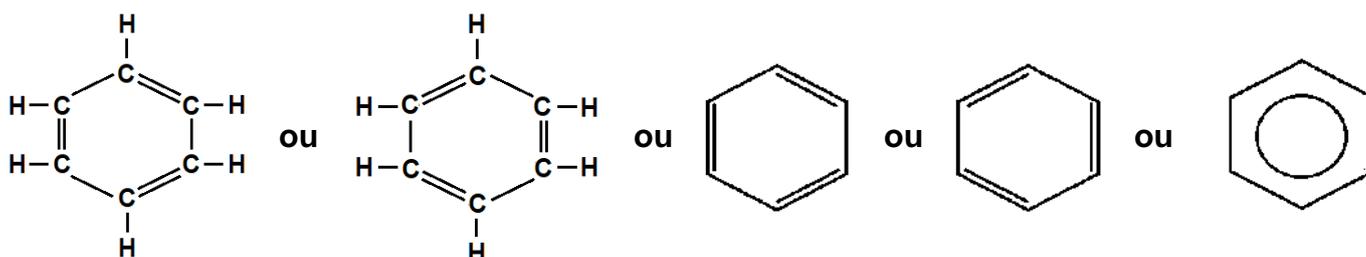
- **Cadeia aromática:** cadeia fechada com o anel benzênico (benzeno).

Exemplo:



benzeno

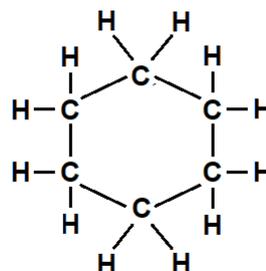
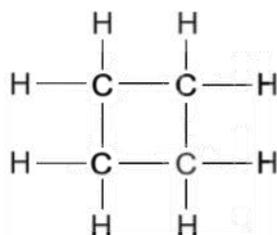
No benzeno ocorre o fenômeno denominado **ressonância** em que os elétrons das ligações pi (elétrons deslocalizados) trocam de posição, o que possibilita representar sua molécula usando diferentes formas:



Na última representação, o círculo dentro do hexágono representa a troca de posição dos elétrons pi no anel benzênico.

- **Cadeia alicíclica:** cadeia fechada sem o anel benzênico.

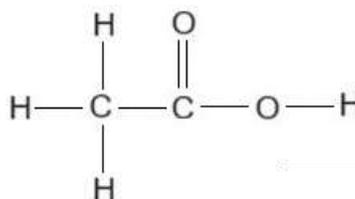
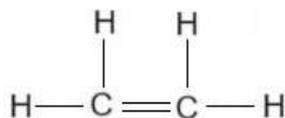
Exemplos:



Cadeia aberta ou acíclica ou alifática

Tipo de cadeia carbônica que não apresenta um ciclo (ou anel).

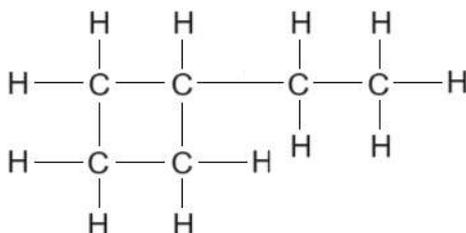
Exemplos:



Cadeia mista

Apresenta cadeia carbônica fechada e aberta.

Exemplo:



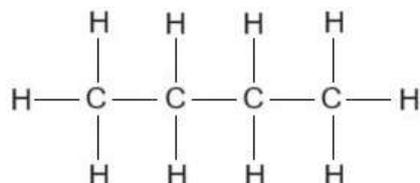
Quanto ao tipo de ligações

Quanto ao tipo de ligações, a cadeia carbônica pode ser **saturada** ou **insaturada** .

Cadeia saturada

Cadeia carbônica que só possui ligações simples entre carbonos.

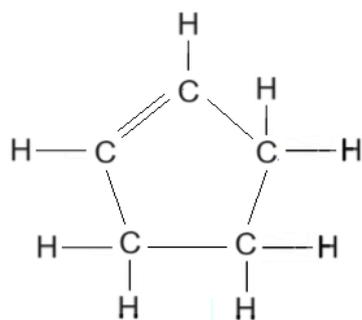
Exemplo:



Cadeia insaturada

Cadeia carbônica que possui pelo menos uma ligação dupla ou tripla entre carbonos.

Exemplos:



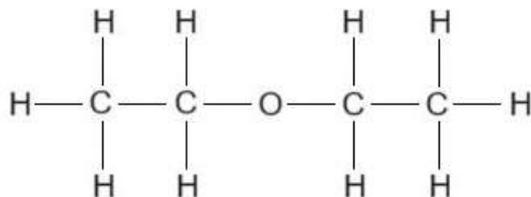
Quanto à presença de heteroátomo

Heteroátomo é um átomo diferente de carbono que está entre átomos de carbono numa estrutura. Quanto à presença de heteroátomo, a cadeia pode ser **heterogênea** ou **homogênea**.

Cadeia heterogênea

É a cadeia carbônica que possui heteroátomo.

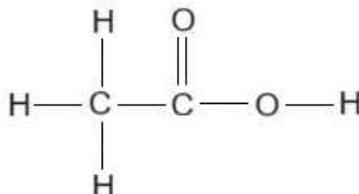
Exemplo:



Cadeia homogênea

É a cadeia carbônica que não possui heteroátomo.

Exemplo:



O quadro a seguir apresenta um resumo de como as cadeias carbônicas podem ser classificadas.

Classificação de cadeia carbônica	
Quanto ao seu aspecto	Aberta, fechada ou mista
Quanto ao tipo de carbono *	Normal ou ramificada
Quanto ao tipo de ligações	Saturada ou insaturada
Quanto à presença de heteroátomo	Heterogênea ou homogênea

* Não se aplica à cadeia fechada

Determinação da composição centesimal

Conhecendo-se a fórmula molecular de uma substância, pode-se determinar a sua **composição centesimal** ou **fórmula centesimal** ou **fórmula percentual**, que indica a percentagem em massa de cada elemento químico presente na substância.

Para tal determinação, basta calcular a massa molar da substância e considerá-la como 100%. Utilizando-se de uma regra de três simples, calcula-se a percentagem em massa de cada elemento químico nessa massa molar.

Como exemplo, vamos determinar a composição centesimal do metano (CH₄), sabendo-se que as massas atômicas do carbono e do hidrogênio são iguais a 12 u e 1 u, respectivamente.

- Cálculo da massa molar do metano

$$\text{CH}_4: M = 12 + 4 \cdot 1 = 16 \text{ g/mol}$$

- Cálculo da percentagem em massa de carbono

Como 16 g é a massa de 1 mol de CH_4 , ela equivale a 100%. Nessa massa há 12 g de carbono, então calcula-se a percentagem dessa massa em relação ao total:

$$16 \text{ g} \dots\dots\dots 100\%$$

$$12 \text{ g} \dots\dots\dots x\%$$

$$16 \cdot x = 1200$$

$$x = \frac{1200}{16}$$

$$x = \mathbf{75\% \text{ de C}}$$

- Cálculo da percentagem em massa de hidrogênio

Como o metano só é formado por carbono e hidrogênio, pode-se determinar a percentagem em massa de hidrogênio subtraindo a percentagem de carbono do percentual total (100%):

$$y = 100 - 75 = \mathbf{25\% \text{ de H}}$$

Outra possibilidade, é calcular a percentagem de hidrogênio utilizando regra de três. Como 16 g é a massa de 1 mol de CH_4 , ela equivale a 100%. Nessa massa há 4 g de hidrogênio, então vamos calcular qual é a percentagem dessa massa em relação ao total:

$$16 \text{ g} \dots\dots\dots 100\%$$

$$4 \text{ g} \dots\dots\dots y\%$$

$$16 \cdot y = 400$$

$$y = \frac{400}{16}$$

$$y = \mathbf{25\% \text{ de H}}$$

Determinação da fórmula mínima

Conhecendo-se a fórmula molecular de uma substância, pode-se determinar a sua **fórmula mínima** ou **empírica** que corresponde à menor proporção, em mol, entre os átomos dos elementos químicos de uma substância. Essa proporção é dada por números inteiros.

A fórmula mínima é obtida simplificando ao máximo a fórmula molecular, dividindo-se os índices dos elementos químicos presentes pelo mesmo valor inteiro.

Fórmula molecular	Dividir por	Fórmula mínima
C_2H_2	2	CH
$C_6H_{12}O_6$	6	CH_2O

A fórmula mínima de uma substância também pode ser obtida a partir da sua composição centesimal.

Por exemplo, vamos determinar a fórmula mínima de certa substância que possui 57,1% de carbono (C), 4,8% de hidrogênio (H) e 38,1% de oxigênio (O), sabendo-se que as massas atômicas dos elementos químicos presentes são: C = 12 u; H = 1 u; O = 16 u.

Para se obter a fórmula mínima, deve-se transformar cada percentual em valor de massa e depois em quantidade de matéria (= número de mol). Como não se sabe a massa molar da substância, para facilitar o cálculo vamos supor uma massa da substância igual a 100 g. Então, em cada 100 g da substância há 57,1 g de C, 4,8 g de H e 38,1 g de O. Dividindo-se a massa de cada elemento químico pela sua massa molar obtêm-se as quantidades em mol.

$$\text{C: } \frac{57,1}{12} = 4,76 \text{ mol de C}$$

$$\text{H: } \frac{4,8}{1} = 4,8 \text{ mol de H}$$

$$\text{O: } \frac{38,1}{16} = 2,38 \text{ mol de O}$$

Como os índices dos elementos químicos da fórmula mínima são inteiros, deve-se simplificar os números de mol obtidos dividindo-os pelo menor valor entre eles, que no caso é 2,38, de forma a manter a proporção desses valores.

$$\text{C: } \frac{4,76}{2,38} = 2$$

$$\text{H: } \frac{4,8}{2,38} = 2$$

$$\text{O: } \frac{2,38}{2,38} = 1$$

Fórmula mínima = **C₂H₂O**

Determinação da fórmula molecular

A fórmula mínima ou a composição centesimal podem ser utilizadas para se determinar a fórmula molecular de uma substância.

Exemplo 1:

Vamos determinar a fórmula molecular de uma substância sabendo-se que a sua fórmula mínima é CH₂O e que sua massa molar é igual a 180 g/mol.

Neste caso, a fórmula molecular é obtida multiplicando-se os índices dos elementos químicos da fórmula mínima por um valor inteiro “n”. Então para calcular o valor de n, deve-se saber que:

Fórmula molecular = n. fórmula mínima

Logo, a massa molar calculada a partir da fórmula molecular é “n” vezes a da fórmula mínima. Então,

(Massa molar de CH₂O).n = Massa molar da fórmula molecular

$$(12+2.1+16).n = 180$$

$$30.n=180$$

$$n = \frac{180}{30}$$

$$n = 6$$

Multiplicando-se os índices dos elementos químicos da fórmula mínima por 6, tem-se:

Fórmula molecular = **C₆H₁₂O₆**

Exemplo 2:

Vamos determinar a fórmula molecular de uma substância que possui 79,4% de carbono (C), 8,8% de hidrogênio (H), 11,8% de oxigênio (O) e massa molar igual a 272 g.mol⁻¹.

Considera-se a massa molar da substância como 100% e a partir dela calcula-se a massa de cada elemento químico constituinte. Depois, determinam-se os números de mol desses elementos químicos que correspondem aos seus índices na fórmula molecular.

- Cálculo da massa de carbono

$$\begin{array}{r} 272 \text{ g} \dots\dots\dots 100\% \\ \mathbf{x} \text{ g} \dots\dots\dots 79,4\% \end{array}$$

$$\begin{aligned} 100 \cdot x &= 272 \cdot 79,4 \\ x &= \mathbf{216 \text{ g de C}} \end{aligned}$$

- Cálculo da massa de hidrogênio

$$\begin{array}{r} 272 \text{ g} \dots\dots\dots 100\% \\ \mathbf{y} \text{ g} \dots\dots\dots 8,8\% \end{array}$$

$$\begin{aligned} 100 \cdot y &= 272 \cdot 8,8 \\ y &= \mathbf{24 \text{ g de H}} \end{aligned}$$

- Cálculo da massa de oxigênio

A massa de oxigênio também pode ser calculada por regra de três ou então de uma forma mais prática:

Como em 272 g da substância há 216 g de carbono e 24 g de hidrogênio, a massa de oxigênio pode ser calculada pela diferença entre a massa molar e as massas dos outros elementos químicos constituintes da substância.

$$\begin{aligned} z &= 272 - (216 + 24) \\ z &= 272 - 240 \\ z &= \mathbf{32 \text{ g de O}} \end{aligned}$$

Calculando-se os números de mol correspondentes a essas massas, obtém-se a fórmula molecular.

$$n_C = \frac{216}{12} = 18 \text{ mol}$$

$$n_H = \frac{24}{1} = 24 \text{ mol}$$

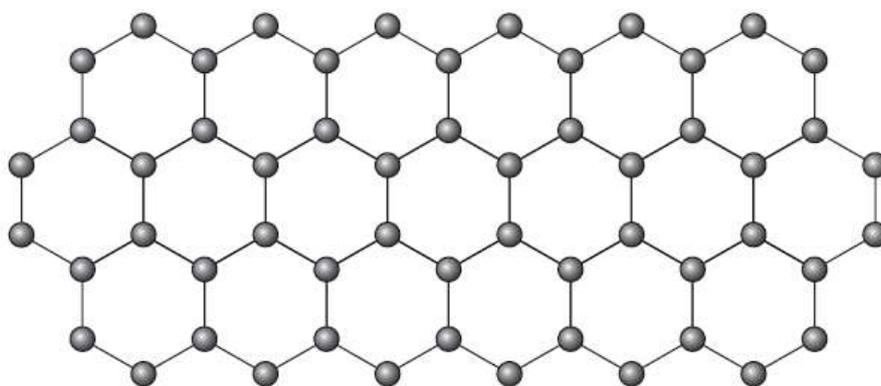
$$n_O = \frac{32}{16} = 2 \text{ mol}$$

Fórmula molecular = **C₁₈H₂₄O₂**

QUESTÕES DO ENEM – UNIDADE 2

Questões e imagens retiradas das provas disponibilizadas no *síte* do Inep (<http://www.inep.gov.br>).

1. (Enem 2018) O grafeno é uma forma alotrópica do carbono constituído por uma folha planar (arranjo bidimensional) de átomos de carbono compactados e com a espessura de apenas um átomo. Sua estrutura é hexagonal, conforme a figura.

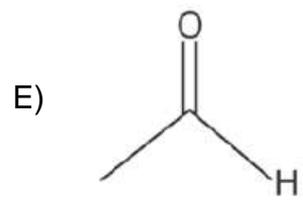
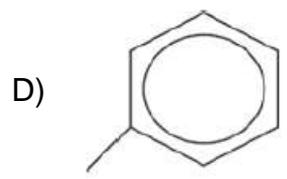
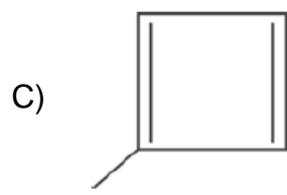
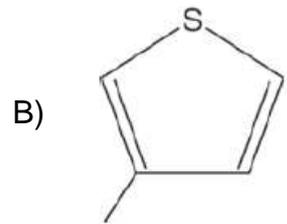
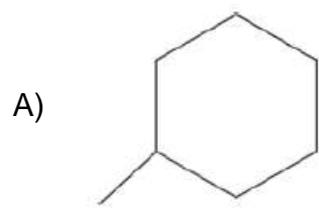


Nesse arranjo, os átomos de carbono possuem hibridação

- A) sp de geometria linear.
- B) sp^2 de geometria trigonal planar.
- C) sp^3 alternados com carbonos com hibridação sp de geometria linear.
- D) sp^3d de geometria planar.
- E) sp^3d^2 com geometria hexagonal planar.

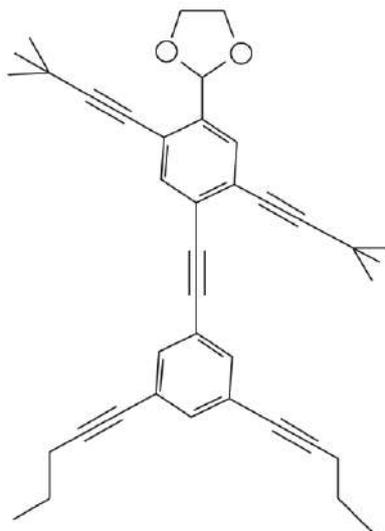
2. (Enem 2014) A forma das moléculas, como representadas no papel, nem sempre é planar. Em um determinado fármaco, a molécula contendo um grupo não planar é biologicamente ativa, enquanto que moléculas contendo substituintes planares são inativas.

O grupo responsável pela bioatividade desse fármaco é



3. (Enem 2013) As moléculas de *nanopotians* lembram figuras humanas e foram criadas para estimular o interesse de jovens na compreensão da linguagem expressa em fórmulas estruturais, muito usadas em química orgânica.

Um exemplo é o NanoKid, representado na figura:



NanoKid

CHANTEAU, S. H.; TOUR, J. M. *The Journal of Organic Chemistry*, v. 68, n. 23, 2003 (adaptado).

Em que parte do corpo do NanoKid existe carbono quaternário?

- A) Mãos.
- B) Cabeça.
- C) Tórax.
- D) Abdômen.
- E) Pés.

UNIDADE 3

HIDROCARBONETOS

Funções orgânicas

Sabemos que há substâncias encontradas na natureza e também produzidas pelo ser humano. Tais substâncias foram classificadas em orgânicas e inorgânicas. As substâncias orgânicas são aquelas que apresentam o elemento carbono como principal componente, enquanto que as outras substâncias que não possuem tal característica são inorgânicas. Existem substâncias que apresentam carbono em sua estrutura e que são consideradas inorgânicas.

As substâncias possuem propriedades características que podem ser semelhantes às de outras substâncias, em função disso tem-se o conceito de **função química** ou **classe funcional** que é um conjunto de substâncias com propriedades químicas semelhantes.

A partir desta unidade iniciaremos o estudo das principais funções da Química Orgânica: hidrocarbonetos, álcoois, fenóis, etc.

Hidrocarbonetos

Um **hidrocarboneto** é uma substância orgânica que possui apenas Carbono (C) e Hidrogênio (H) na sua composição.

A principal fonte natural dos hidrocarbonetos é o petróleo e a partir dele muitos produtos que conhecemos são produzidos, como por exemplo: combustíveis (gasolina, óleo diesel, lubrificantes, querosene), plásticos, chiclete, tecidos (poliéster, náilon, entre outros), cosméticos, medicamentos, produtos de limpeza, asfalto etc.

Alcanos ou parafinas

Um **alcano** é um hidrocarboneto de cadeia aberta, saturada e que possui fórmula molecular geral C_nH_{2n+2} , em que “n” é um número inteiro.

Exemplos:

Se n for igual a 1, a fórmula molecular do alcano possui 1 átomo de carbono e $2 \cdot 1 + 2 = 4$ átomos de hidrogênio, ou seja, é CH_4 .

Se n for igual a 2, a fórmula molecular do alcano possui 2 átomos de carbono e $2 \cdot 2 + 2 = 6$ átomos de hidrogênio, ou seja, é C_2H_6 .

Vamos estudar agora como se nomeia um alcano.

A nomenclatura das substâncias orgânicas segue as regras recomendadas pela IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). Além de regulamentar as nomenclaturas e terminologias químicas, a IUPAC também é responsável pela nomeação de novos elementos químicos na tabela periódica, padronização de métodos de medição e outros dados avaliados.

Há substâncias que também são conhecidas por nomes não oficiais da IUPAC ou nomes triviais.

Alcano de cadeia normal

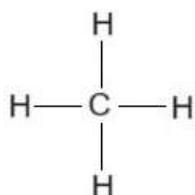
A nomenclatura de um alcano de cadeia normal segue a regra:

Prefixo + ANO

O prefixo depende do número de átomos de carbono do alcano. Observe a lista dos principais prefixos na tabela a seguir:

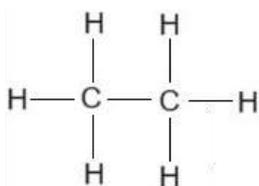
Nº de Carbonos	Prefixo	Nº de Carbonos	Prefixo
1	MET	7	HEPT
2	ET	8	OCT
3	PROP	9	NON
4	BUT	10	DEC
5	PENT	11	UNDEC
6	HEX	12	DODEC

Por exemplo, o alcano com apenas 1 átomo de carbono, possui em seu nome o prefixo MET e a terminação ANO. Logo, o seu nome é metano.

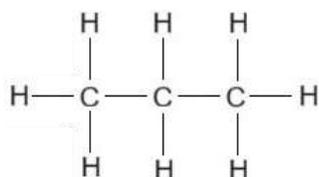


metano

Outros exemplos:



etano



propano



butano



pentano

Atenção!

O **metano (CH₄)** é um gás inodoro e incolor. O único átomo de carbono de sua molécula apresenta hibridização sp^3 , o que gera uma estrutura tetraédrica com ângulos de $109^\circ 28'$ entre as ligações sigma (σ). Ele é produzido por fermentação anaeróbia nos pântanos, depósitos de lixo e esgoto. É o principal componente do gás natural, presente no gás de cozinha encanado. Ele é emitido para a atmosfera no processo de digestão dos bovinos e também é um dos responsáveis pelo efeito estufa em nosso planeta.

O **propano (C₃H₈)** e o **butano (C₄H₁₀)** são gases inodoros, incolores e inflamáveis. Eles são os principais componentes do gás de cozinha de botijão, ou GLP (gás liquefeito de petróleo). Como tais substâncias não têm cheiro, ao gás de botijão são adicionadas substâncias que possuem odor desagradável contendo enxofre em suas fórmulas, para que um vazamento possa ser identificado.

Alcano de cadeia ramificada

Como este tipo de alcano possui uma ou mais ramificações, elas devem ser identificadas no nome da substância. A nomenclatura de um alcano ramificado é feita da seguinte forma:

Posição da ramificação + nome da ramificação + nome da cadeia principal (prefixo + ANO)

Para se nomear um alcano de cadeia ramificada, deve-se:

- localizar a cadeia principal, que é aquela que possui o maior número de átomos de carbono em sequência, não necessariamente em linha reta. Se houver mais de uma cadeia com o mesmo número de átomos de carbono, a principal é a que possui maior quantidade de ramificações;

- caso necessário, numerar os carbonos da cadeia principal a partir da extremidade mais próxima das ramificações. Se houver mais de uma

possibilidade (numeração em sentidos diferentes), considerar como correta a numeração que apresenta a menor soma de valores para as ramificações;

- dar os nomes e as posições das ramificações em ordem alfabética e o nome da cadeia principal separados por hifens;

- se houver duas ramificações diferentes equidistantes das extremidades da cadeia principal, a numeração começa na extremidade que fornece o menor número para a ramificação cujo nome vem antes na ordem alfabética;

- caso a mesma ramificação apareça mais de uma vez, usar os prefixos **di**, **tri**, **tetra**, **penta**, etc. antes do nome da ramificação de acordo com o número de repetições. Os números das posições das ramificações repetidas devem ser separados por vírgulas.

Uma ramificação é resultante da substituição de um átomo de hidrogênio da cadeia principal do alcano por um grupo substituinte. Logo, o nome da ramificação é o nome do grupo substituinte correspondente.

Os grupos substituintes de alcanos que vamos apresentar neste livro, são formados pela saída de apenas um átomo de hidrogênio da molécula da substância. São os chamados grupos substituintes monovalentes.

Por exemplo, a saída de 1 átomo de hidrogênio do metano (CH_4) gera um grupo substituinte denominado metil ($-\text{CH}_3$). O carbono do grupo metil fica com uma ligação faltando (1 valência livre), e para completar o seu octeto, ele pode se ligar a outro carbono de uma cadeia principal que também tem uma ligação a menos, produzindo um alcano de cadeia ramificada.

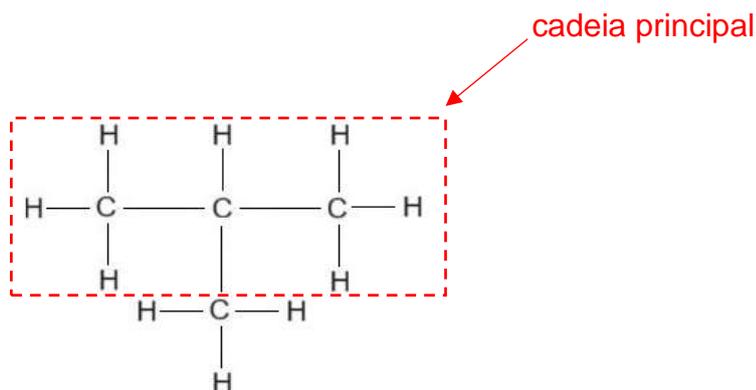
A tabela a seguir apresenta os principais grupos substituintes de alcanos (grupos alquilas). Ao lado do carbono que tem uma ligação a menos, colocamos um traço.

Número de átomos de carbono	Estrutura do grupo substituinte	Nome
1 carbono	— CH ₃	metil
2 carbonos	— CH ₂ — CH ₃	etil
3 carbonos	$\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$ <p>Um dos carbonos primários tem uma valência livre</p>	propil
	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{O carbono secundário tem uma valência livre} \end{array}$	isopropil
4 carbonos	$\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$ <p>Um dos carbonos primários tem uma valência livre</p>	butil
	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{Um dos carbonos secundários tem uma valência livre} \end{array}$	sec-butil ou s-butil
	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \\ \\ \text{CH}_3 \\ \text{Um dos carbonos primários tem uma valência livre} \end{array}$	isobutil
	$\begin{array}{c} \\ \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \\ \text{O carbono terciário tem uma valência livre} \end{array}$	terc-butil ou t-butil

No nome de um alcano que possui ramificações diferentes, os nomes das ramificações devem aparecer em ordem alfabética, sem considerar os prefixos que indicam repetições (**di**, **tri**, **tetra** etc.), além de **sec** e **terc**. O prefixo **iso** deve ser considerado.

Exemplos:

a)

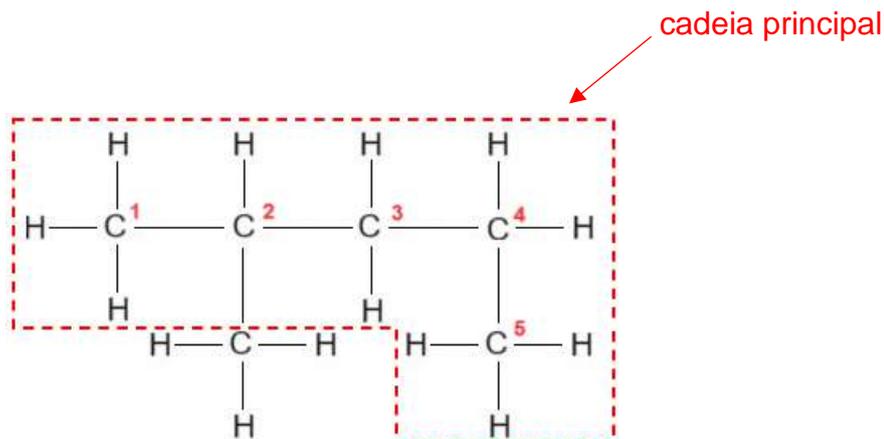


A cadeia principal (selecionada por um retângulo tracejado) possui 3 átomos de carbono, portanto seu nome é propano. Ligada ao carbono secundário há uma ramificação (estrutura que ficou fora da sequência que possui mais átomos de carbono), que corresponde ao grupo substituinte metil ($-\text{CH}_3$). Como não há outra possibilidade de posição da ramificação, a cadeia principal não precisa ser numerada. Se o grupo metil for colocado em uma extremidade da cadeia, a cadeia principal passa a ter 4 átomos de carbono e o alcano deixa de ser ramificado.

Então, o nome do alcano apresentado é: **metil-propano**.

A IUPAC recomenda juntar o nome da última ramificação citada com o nome da cadeia principal, porém preferimos separá-los por um hífen, o que melhora a compreensão.

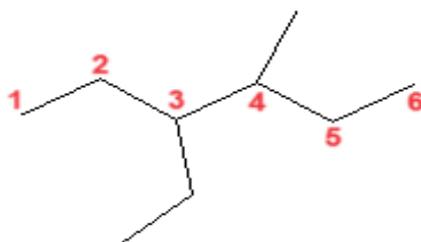
b)



A cadeia principal possui 5 átomos de carbono, então seu nome é pentano. Também há uma ramificação denominada metil ligada ao segundo átomo de carbono da cadeia principal, considerando a contagem da esquerda para a direita. Se a ramificação estivesse no terceiro átomo de carbono, a substância seria outra. Portanto, os carbonos da cadeia principal devem ser numerados a partir da extremidade mais próxima à da ramificação, ou seja, da esquerda para a direita, de forma a se poder indicar a posição da ramificação.

Observando-se a numeração apresentada, verifica-se que a ramificação está no carbono 2 da cadeia principal, logo o nome do alcano é **2-metil-pentano**.

c)

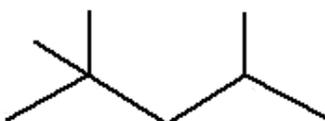


A cadeia principal possui 6 átomos de carbono, logo seu nome é hexano. Há 2 ramificações na estrutura. Uma delas tem apenas 1 átomo de carbono (—CH_3) denominada metil e a outra possui dois átomos de carbono ($\text{—CH}_2\text{—CH}_3$) cujo nome é etil. Como as duas ramificações estão equidistantes das extremidades da cadeia principal, numera-se os carbonos desta cadeia a

partir da extremidade mais próxima do grupo etil, pois ele vem antes do grupo metil na ordem alfabética.

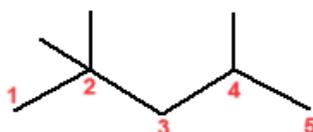
Então, o nome do alcano é **3-etil-4-metil-hexano**.

d)



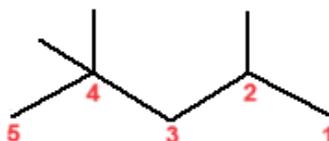
A cadeia principal possui 5 átomos de carbono, logo seu nome é pentano. Há 3 ramificações metil (—CH_3) na estrutural, por isso devemos utilizar o prefixo **tri** antes do nome da ramificação.

Há duas possibilidades de se numerar os carbonos da cadeia principal. Se ela for numerada da esquerda para a direita, conforme a figura a seguir,



O nome do alcano será 2,2,4-trimetil-pentano.

Caso ela seja numerada da direita para a esquerda, conforme a figura a seguir,



o nome do alcano será 2,4,4-trimetil-pentano.

Como dissemos anteriormente, quando há mais de uma possibilidade de se numerar os carbonos da cadeia principal, considera-se como correta a numeração que apresenta a menor soma de valores para as ramificações. No primeiro caso, a soma é $2 + 2 + 4 = 8$ e, no segundo caso, a soma é $2 + 4 + 4 = 10$. Como a soma do primeiro caso é menor, o nome do alcano deste item é **2,2,4-trimetil-pentano**.

Alcenos ou alquenos

Um **alceno** é um hidrocarboneto de cadeia aberta insaturada por apenas uma ligação dupla. Tal substância possui 2 hidrogênios a menos que um alcano com o mesmo número de átomos de carbono, então sua fórmula molecular geral é C_nH_{2n} .

Exemplo:

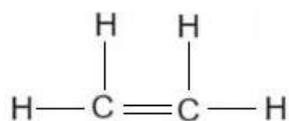
Fórmula estrutural plana	Fórmula molecular
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \end{array}$	C_2H_4

A nomenclatura de um alceno segue a ordem:

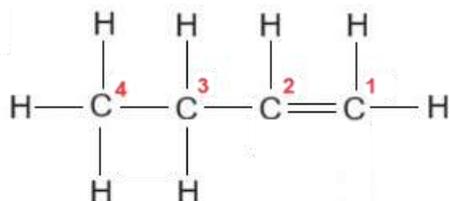
Posição da ramificação + nome da ramificação + nome da cadeia principal (prefixo + ENO)

As regras de nomenclatura são as mesmas utilizadas para os alcanos, mas para alcenos com 4 átomos de carbono ou mais, deve-se indicar a posição da dupla ligação utilizando o menor número de um carbono que possui a dupla. A cadeia principal deve conter a ligação dupla e a sua posição é colocada entre o prefixo e a terminação do nome da cadeia principal. A numeração da cadeia principal deve ser feita a partir da extremidade mais próxima da ligação dupla.

Exemplos:

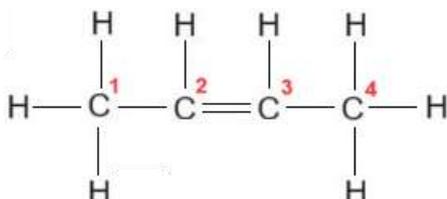


eteno



but-1-eno

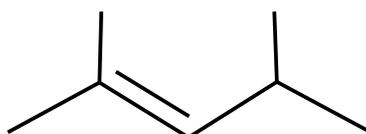
Como o alceno acima tem 4 carbonos, a posição da ligação dupla deve ser indicada. Numerando-se os carbonos da cadeia principal a partir da extremidade mais próxima da insaturação, verifica-se que a ligação dupla está nos carbonos 1 e 2, então usa-se o menor número para se indicar a sua posição, que nesse caso é 1.



but-2-eno



3-metil-pent-1-eno



2,4-dimetil-pent-2-eno

Um importante grupo substituinte derivado do eteno é o etinil ou vinil:

Estrutura do grupo substituinte	Nome
$\text{H}_2\text{C} = \text{CH} -$	etenil ou vinil

Atenção!

O **eteno** (C_2H_4) também é conhecido pelo nome trivial **etileno** é um gás incolor. Cada carbono de sua molécula possui hibridação sp^2 , o que confere geometria trigonal plana e ângulos de 120° entre as ligações sigma (σ). A ligação pi (π) é perpendicular ao plano das ligações sigma.

Esta substância é usada no amadurecimento artificial de frutas e na fabricação de plásticos como o polietileno.

As bananas produzem eteno em seu processo de amadurecimento. É por isso que ao se enrolar bananas verdes num papel, por exemplo, elas amadurecem mais rápido, pois evita-se o escape de boa parte do gás para o ar.



Marcelo Pinheiro

Bananas produzem eteno ao amadurecer.

Alcadienos ou dienos

Um **alcadieno** é um hidrocarboneto de cadeia aberta insaturada com 2 ligações duplas. Como esta substância possui 4 hidrogênios a menos que um alcano com o mesmo número de átomos de carbono, sua fórmula molecular geral é C_nH_{2n-2} .

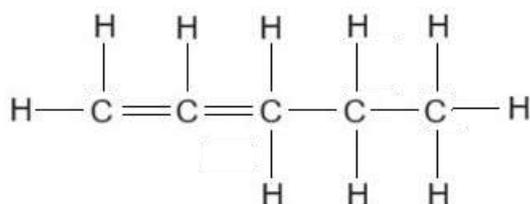
Exemplo:

Fórmula estrutural plana	Fórmula molecular
$\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \\ & & & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & = \text{C} & - \text{C} & = \text{C} & - \text{H} & \\ & & & & & & \end{array}$	C_4H_6

Ele pode ser classificado em:

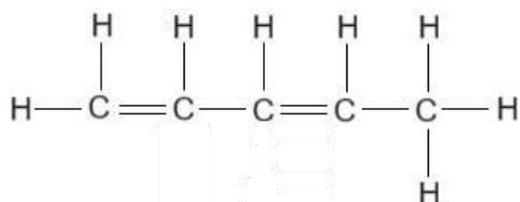
- **alcadieno acumulado** ou **geminado**: suas duas ligações duplas estão num mesmo átomo de carbono. Este carbono que possui duas ligações duplas apresenta hibridação sp , o que confere geometria linear e ângulo de 180° entre as ligações sigma (σ).

Exemplo:



- **alcadieno conjugado**: quando há apenas uma ligação simples entre as duas ligações duplas.

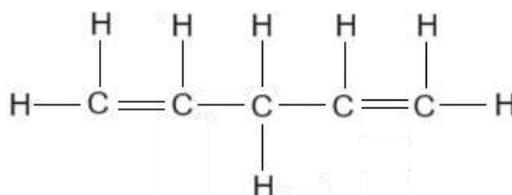
Exemplo:



A presença de moléculas com cadeias conjugadas possibilita que certas substâncias orgânicas sejam utilizadas como corantes, pois os elétrons das ligações duplas se movem pela estrutura, absorvendo energia de determinada cor e refletindo uma coloração complementar.

- **alcadieno isolado**: quando suas duas ligações duplas estão separadas por pelo menos duas ligações simples.

Exemplo:

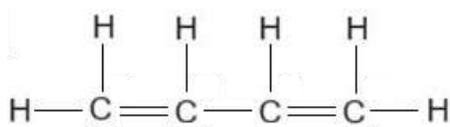


A nomenclatura de um alcadieno é feita da seguinte forma:

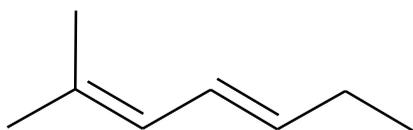
Posição da ramificação + nome da ramificação + nome da cadeia principal (prefixo + A + DIENO)

Ela segue as mesmas regras de nomenclatura de alcenos, a diferença está no uso da letra “a” junto ao prefixo e da terminação **DIENO**. As duas ligações duplas fazem parte da cadeia principal e, caso necessário, as suas posições devem ser indicadas.

Exemplos:



buta-1,3-dieno



2-metil-hepta-2,4-dieno

Alcinos ou alquinos

Um **alcino** é um hidrocarboneto de cadeia aberta insaturada por apenas uma ligação tripla. Tal substância possui 4 hidrogênios a menos que um alcano com o mesmo número de átomos de carbono, então sua fórmula molecular geral é C_nH_{2n-2} .

Exemplo:

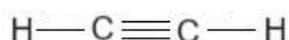
Fórmula estrutural plana	Fórmula molecular
$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	C_2H_2

A nomenclatura de um alcino é feita na ordem:

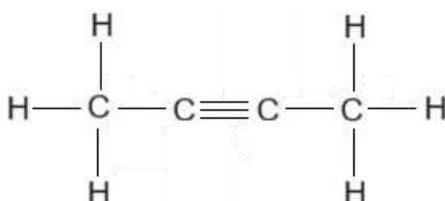
Posição da ramificação + nome da ramificação + nome da cadeia principal (prefixo + INO)

Ela segue as mesmas regras de nomenclatura de alcenos, a única diferença é o uso da terminação **INO**.

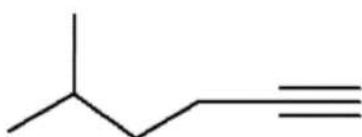
Exemplos:



etino



but-2-ino



5-metil-hex-1-ino

Atenção!

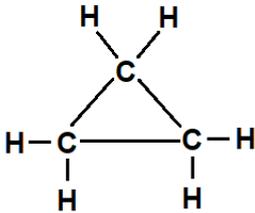
O **etino** (C_2H_2) também é conhecido pelo nome trivial **acetileno** é o alcino mais importante. Cada carbono de sua molécula possui hibridação sp , o que confere geometria linear e ângulo de 180° entre as ligações sigma (σ).

Esta substância é o gás utilizado em maçaricos, além de ser matéria-prima na produção de plásticos e ácido acético presente no vinagre.

Cicloalcanos ou ciclanos

Um **cicloalcano** é um hidrocarboneto saturado e contém ciclo. Sua fórmula molecular geral é C_nH_{2n} .

Exemplo:

Fórmula estrutural plana	Fórmula molecular
	C_3H_6

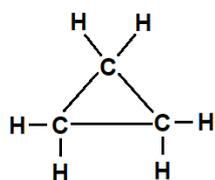
Como o ciclo é considerado cadeia principal, a nomenclatura de um cicloalcano tem o seguinte formato:

Posição da ramificação + nome da ramificação + ciclo + prefixo + ANO

Só se deve numerar os carbonos do ciclo, caso a estrutura tenha mais de uma ramificação.

Se houver duas ramificações, a numeração começa no carbono da cadeia fechada que está ligado à ramificação que vem antes na ordem alfabética, seguindo no sentido que forneça o menor número à outra ramificação.

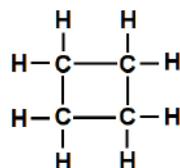
Exemplos:



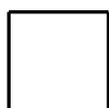
ou



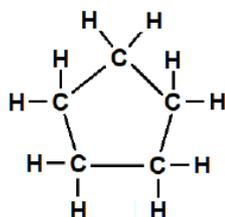
ciclo-propano



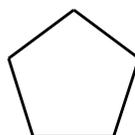
ou



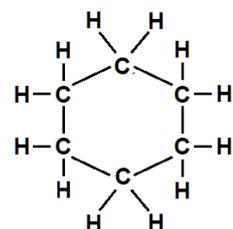
ciclo-butano



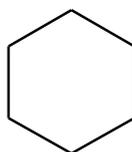
ou



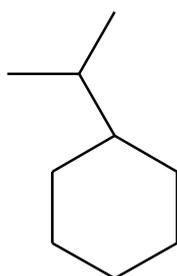
ciclo-pentano



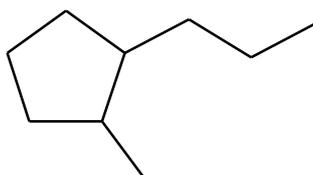
ou



ciclo-hexano



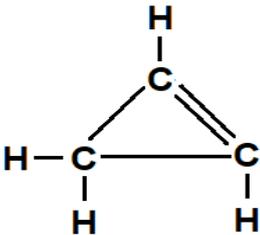
iso-propil-ciclo-hexano



1-metil-2-propil-ciclopentano

Cicloalcenos ou ciclenos

Um **cicloalceno** é um hidrocarboneto cujo ciclo apresenta uma ligação dupla entre átomos de carbono. Sua fórmula molecular geral é C_nH_{2n-2} .

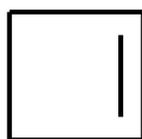
Fórmula estrutural plana	Fórmula molecular
	C_3H_4

O ciclo é considerado cadeia principal e a nomenclatura de um cicloalceno tem o seguinte formato:

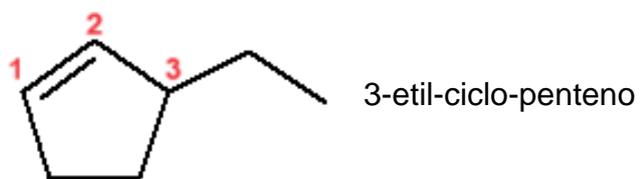
Posição da ramificação + nome da ramificação + ciclo + prefixo + ENO

Só se deve numerar os carbonos do ciclo, caso a estrutura tenha ramificação. A numeração do ciclo começa por um dos carbonos da ligação dupla, segue pelo outro carbono desta ligação e segue no sentido que forneça o menor número possível à ramificação. Como a ligação dupla sempre está no carbono 1, sua posição não é informada.

Exemplos:



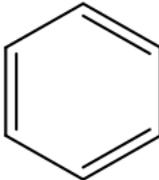
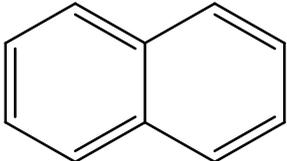
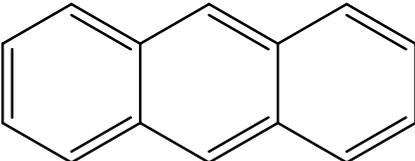
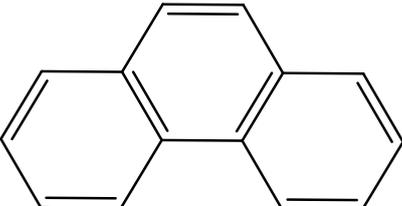
ciclo-buteno



Hidrocarbonetos aromáticos

Um **hidrocarboneto aromático** possui pelo menos um anel benzênico em sua estrutura.

Exemplos:

Estrutura	Fórmula molecular	Nome
	C_6H_6	benzeno
	$C_{10}H_8$	naftaleno
	$C_{14}H_{10}$	antraceno
	$C_{14}H_{10}$	fenantreno

Curiosidade

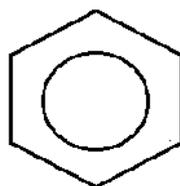
O **naftaleno** é conhecido comercialmente como naftalina e bolinhas desse material costumam ser usadas como repelente de insetos.

O **antraceno** tem como aplicação a produção de corantes, inseticidas e conservantes.

O **fenantreno** é utilizado como matéria-prima para produção de plásticos, fármacos, explosivos e pesticidas.

Nomenclatura no benzeno

Na unidade 2, informamos que no benzeno há ressonância, então ele também pode ser representado pela estrutura:



benzeno

A regra de nomenclatura de uma substância que possui o anel benzênico como cadeia principal é:

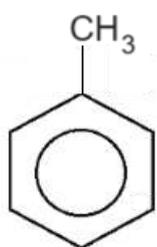
Posição da ramificação + nome da ramificação + BENZENO

Caso seja necessário numerar os carbonos do anel benzênico, seguem-se as mesmas regras utilizadas para os cicloalcanos, ignorando a presença das duplas ligações.

Quando há apenas duas ramificações, as suas posições recebem nomes especiais:

Posições	Nomes especiais
1,2	orto- ou o-
1,3	meta - ou m -
1,4	para - ou p -

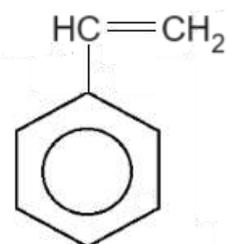
Exemplos:



metil-benzeno

ou

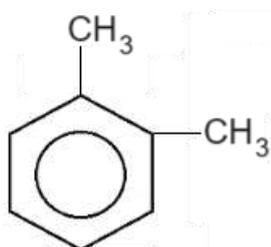
tolueno



vinil-benzeno

ou

estireno



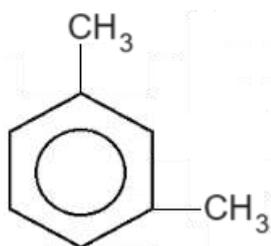
1,2-dimetil-benzeno

ou

orto-dimetil-benzeno

ou

orto-xileno



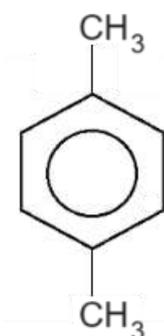
1,3-dimetil-benzeno

ou

meta-dimetil-benzeno

ou

meta-xileno



1,4-dimetil-benzeno

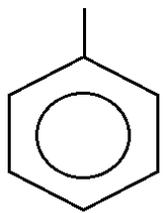
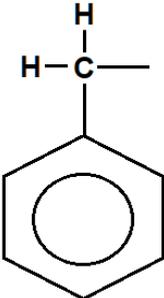
ou

para-dimetil-benzeno

ou

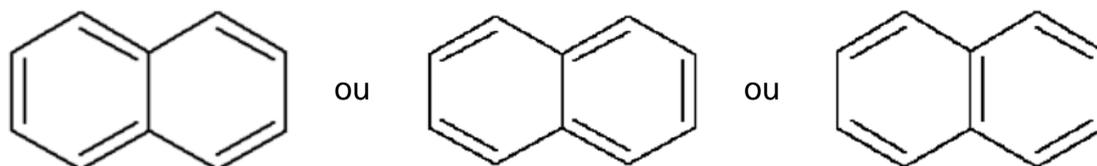
para-xileno

Dois grupos substituintes derivados do benzeno são importantes:

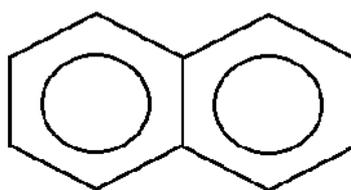
Estrutura do grupo substituinte	Nome
	fenil
	benzil

Nomenclatura no naftaleno

O naftaleno pode ser representado da seguinte forma:



Isso ocorre porque o naftaleno também apresenta a ressonância, uma vez que é uma substância aromática. Logo, ele costuma ser representado pela estrutura:

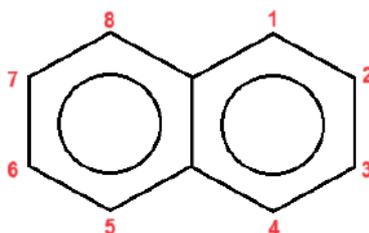


naftaleno

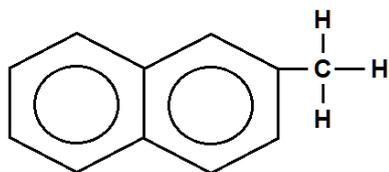
A regra de nomenclatura de uma substância que possui o naftaleno como cadeia principal é:

Posição da ramificação + nome da ramificação + NAFTALENO

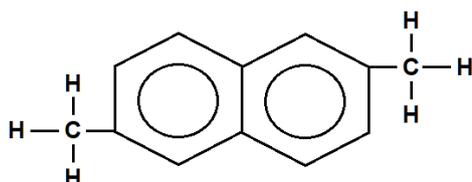
Se houver ramificação no naftaleno, usa-se a numeração fixa regulamentada pela IUPAC:



Exemplos:

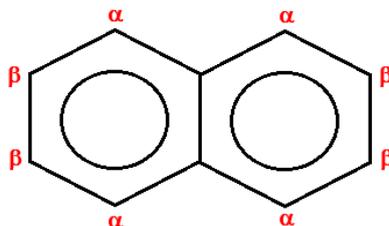


2-metil-naftaleno

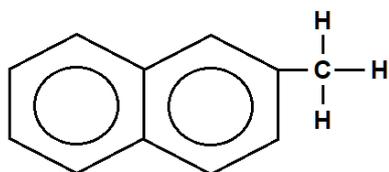


2,6-dimetil-naftaleno

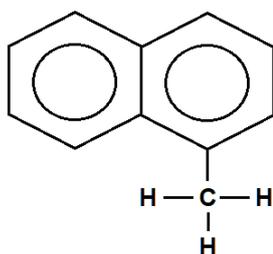
Quando há apenas uma ramificação no naftaleno, há uma forma mais antiga de identificar a sua localização, usando alfa (α) para as posições superiores e inferiores ou beta (β) para as posições laterais.



Exemplos:



α -metil-naftaleno



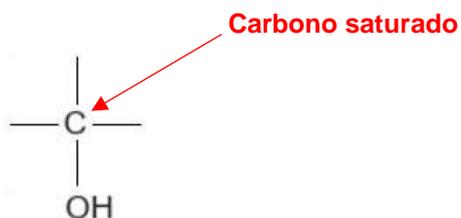
β -metil-naftaleno

UNIDADE 4

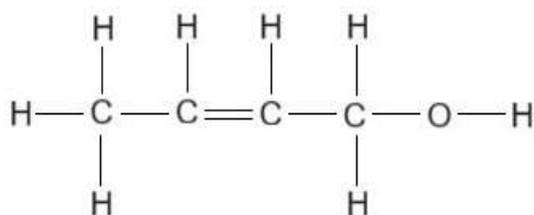
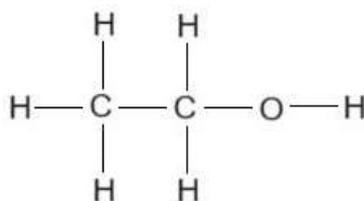
FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS

Álcoois

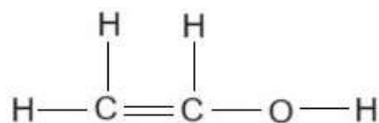
Álcool é uma substância que apresenta o grupo funcional hidroxila (–OH) ligado diretamente a carbono saturado.



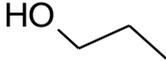
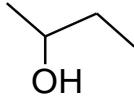
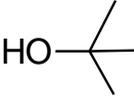
As estruturas a seguir, são exemplos de álcoois, pois a hidroxila está ligada diretamente a carbono saturado.



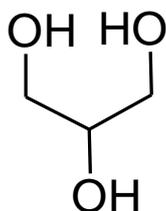
A estrutura abaixo não é um álcool, pois o grupo hidroxila está ligado diretamente a um carbono insaturado por uma ligação dupla. Ele pertence à outra função orgânica denominada **enol**.



Um álcool pode ser classificado em primário, secundário ou terciário, dependendo do tipo de carbono em que a hidroxila está ligada.

Classificação do álcool	Característica	Exemplo
Álcool Primário	Grupo –OH ligado a carbono primário	
Álcool Secundário	Grupo –OH ligado a carbono secundário	
Álcool Terciário	Grupo –OH ligado a carbono terciário	

Um álcool também pode ser classificado como **monoálcool** (possui apenas 1 grupo -OH), **diálcool ou diol** (possui 2 grupos -OH), **triálcool ou triol** (possui 3 grupos -OH), **poliálcool ou polioliol** (possui 4 ou mais grupos -OH) por molécula. Um exemplo conhecido é a glicerina ou glicerol:



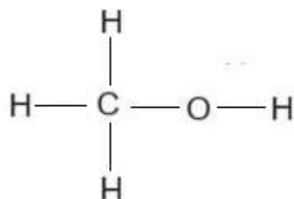
Estrutura da glicerina, um triol cuja nomenclatura oficial é propan-1,2,3-triol

Nomenclatura

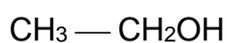
Nome da cadeia carbônica principal + posição da hidroxila + OL

Caso haja necessidade de se numerar a cadeia principal, a ordem de prioridade é: grupo funcional > insaturação > ramificação, ou seja, inicia-se a numeração pelo carbono da extremidade mais próxima à hidroxila.

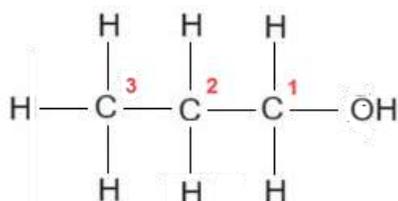
Exemplos:



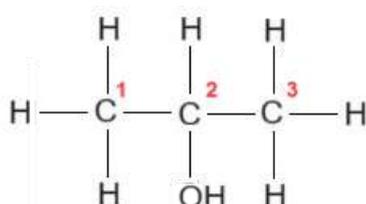
metanol



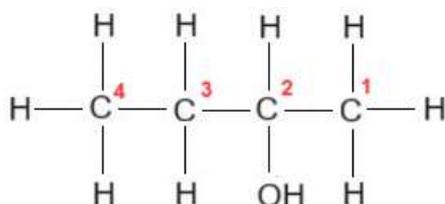
etanol



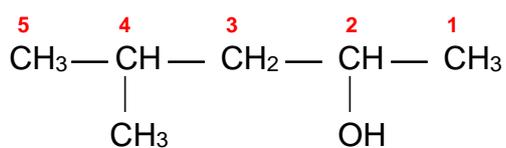
propan-1-ol



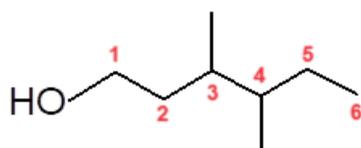
propan-2-ol



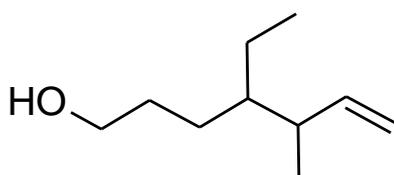
butan-2-ol



4-metil-pentan-2-ol



3,4-dimetil-hexan-1-ol



4-etil-5-metil-hept-6-en-1-ol

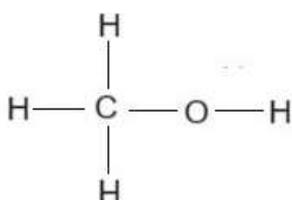
Atenção!

O **metanol (CH₄O)** é tóxico, por isso ele tem um uso restrito em sínteses orgânicas e também em combustíveis. Este álcool pode causar cegueira e até a morte quando ingerido, inalado ou absorvido pela pele.

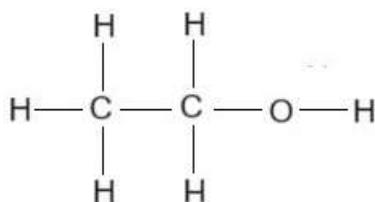
O **etanol (C₂H₆O)** está presente em bebidas alcoólicas, é usado como combustível de automóveis, como solvente químico, na síntese de compostos orgânicos.

No Brasil, a maior parte do etanol é obtida da cana de açúcar através do processo denominado fermentação, ocorrendo a degradação de substâncias orgânicas devido à ação de microrganismos, como leveduras e algumas bactérias, além da liberação de energia. A fermentação é aplicada na fabricação de bebidas alcoólicas, de pães e outros alimentos.

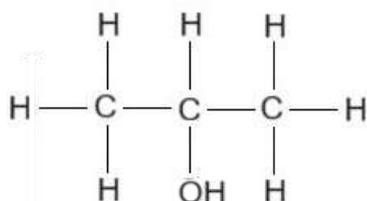
Os álcoois a seguir também costumam ser chamados por nomes triviais:



álcool metílico



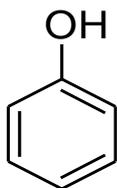
álcool etílico



álcool isopropílico

Fenóis

Fenol é uma substância que apresenta o grupamento hidroxila ($-\text{OH}$) ligado a carbono de um anel aromático. A substância mais simples dessa função orgânica é o fenol, também conhecido como benzenol:



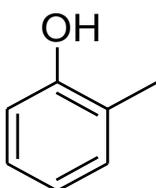
fenol ou benzenol

Nomenclatura

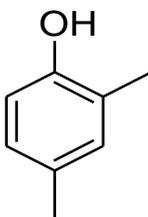
Posição da ramificação + nome da ramificação + FENOL ou BENZENOL

Para numerar o anel aromático, coloca-se o número 1 no carbono que possui a hidroxila e segue-se no sentido em as ramificações fiquem com os menores números possíveis.

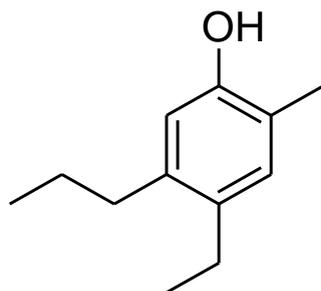
Exemplos:



2-metil-fenol ou orto-metil-fenol



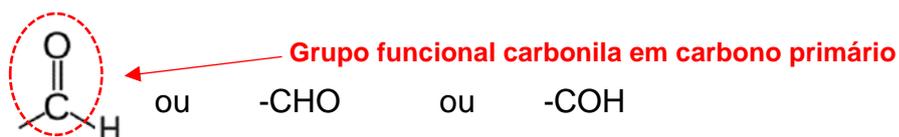
2,4-dimetil-fenol



4-etil-2-metil-5-propil-fenol

Aldeídos

Aldeído é uma substância que possui em sua estrutura o grupo funcional carbonila (carbono ligado ao oxigênio por uma ligação dupla) em carbono primário, ou seja, na extremidade de sua cadeia carbônica.

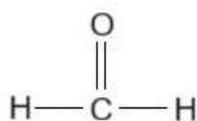


Nomenclatura

Nome da cadeia carbônica principal + AL

Em caso de cadeia ramificada, em que se precisa indicar a posição de uma ou mais ramificações, não se informa a posição da carbonila, pois ela está sempre no carbono 1 da estrutura.

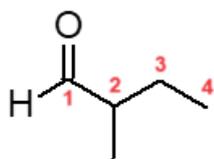
Exemplos:



metanal

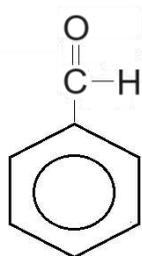


etanal



2-metil-butanal

O nome do aldeído a seguir não segue a regra IUPAC.



benzaldeído

Atenção!

O **formol** é uma solução aquosa contendo aproximadamente 40% de **metanal (CH₂O)** em massa e é utilizado, por exemplo, como conservante de amostras biológicas e como líquido de embalsamento, pois ele desnatura proteínas o que as torna mais resistentes à decomposição por bactérias.

Curiosidade

No início dos anos 2000, uma febre tomou conta, literalmente, da cabeça das mulheres no Brasil: a escova progressiva com formol. Era a promessa de cabelos lisos, brilhantes e sem frizz, mas, em pouco tempo, o que parecia um sonho se tornou um pesadelo – foi constatado que o uso do metanal, conhecido como formaldeído ou simplesmente formol, é prejudicial à saúde. Com o aquecimento, no caso da escova progressiva pelo uso do secador e da chapinha, o formol libera um gás. Na época, o componente era misturado a produtos contendo queratina hidrolisada (aminoácidos), o que faz ocorrer uma reação química entre a queratina hidrolisada e a própria queratina do cabelo, modificando a estrutura dos fios e tornando-os lisos.

Mas o preço do resultado se tornou caro – e não foi só para o bolso. As denúncias sobre mulheres que sofriam queda de cabelo, queimadura no couro cabeludo e irritação nos olhos, por causa desse tipo de procedimento, foram surgindo nos noticiários. E mais estudos comprovaram que, além desses sintomas, constantes exposições ao componente químico podem causar boca amarga, dor de barriga, enjoo, vômito, desmaio, feridas na boca, na narina e nos olhos e câncer nas vias aéreas superiores (nariz, faringe, laringe, traqueia e brônquios), levando até à morte. “Há relatos na literatura e na mídia de mortes por intoxicação pela substância”, alerta a dermatologista Leninha Valério do Nascimento, pós-doutora pela Faculdade de Medicina Lariboisière Saint Louis, em Paris (França), e coordenadora e professora do curso de pós-graduação do Serviço de Dermatologia Tropical do Hospital Central do Exército (HCE/Unifase).

A pesquisadora Ubirani Otero da Coordenação de Prevenção e Vigilância do Instituto Nacional do Câncer (Inca), aumenta o coro de alerta sobre a substância “está tecnicamente reconhecido que o formol é cancerígeno e é altamente tóxico”.

Em 2009, levando em consideração ainda a manipulação do produto pelos profissionais, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) proibiu o uso de formol para alisamento de cabelo no país. De acordo com Ubirani, os cabelereiros e barbeiros estão mais suscetíveis a desenvolvimento de câncer já que manipular tintas e solventes. E alerta que a concentração de formol nestes produtos “é uma questão de saúde pública, não é uma opção estética”.

O formol é permitido apenas como conservante na concentração máxima de 0,2% nos produtos não destinados à higiene oral ou para endurecimento das unhas. “Neste percentual permitido, ele apenas conserva a fórmula, não tem potencial para alisar os cabelos”, enfatiza Mylla. Na verdade, a consumidora ou o consumidor não encontram mais facilmente o título “escova progressiva” nas embalagens dos produtos, mas a promessa continuou. Em 2019, 35% dos fiscais de Vigilâncias Sanitárias de estados e municípios participaram de uma pesquisa da Anvisa sobre o tema e relataram ter constatado ainda o uso irregular de formol em alisantes.

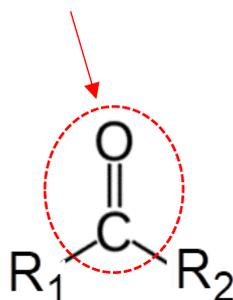
De acordo com a Anvisa, adicionar formol a esses produtos é infração sanitária (adulteração ou falsificação). Portanto, as quantidades muito acima de 0,2% nos produtos testados implicam sérios riscos à saúde da população, o que pode ser considerado um problema de saúde pública.

Fonte:
<https://minhasaude.proteste.org.br/escova-progressiva-teste-encontra-alta-concentracao-de-formol-em-produtos/>

Cetonas

Cetona é uma substância que apresenta em sua estrutura o grupo funcional carbonila em carbono secundário.

Grupo funcional carbonila em carbono secundário



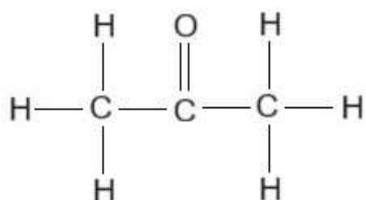
Os ligantes R_1 e R_2 são grupos orgânicos diferentes ou iguais.

Nomenclatura

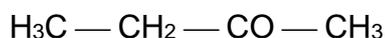
Nome da cadeia carbônica principal + posição da carbonila + ONA

Caso seja necessário indicar a posição de carbonila e de uma ou mais ramificações, inicia-se a numeração da cadeia principal pelo carbono da extremidade mais próxima à carbonila.

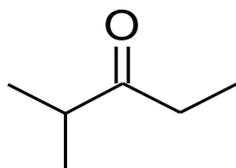
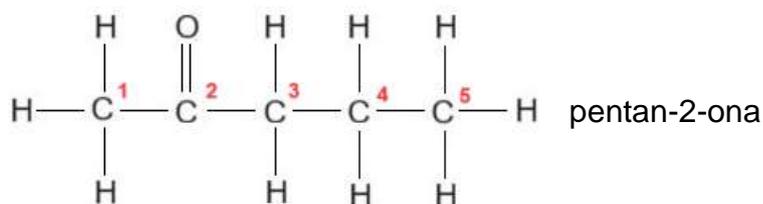
Exemplos:



propanona



butanona



2-metil-pentan-3-ona

Atenção!

A **propanona (C₃H₆O)** é a cetona mais simples e é mais conhecida comercialmente como **acetona**. Tal substância costuma ser utilizada para remover esmaltes de unhas. Ela também possui outras aplicações, tais como solvente de tintas, vernizes, esmaltes, além de ser utilizada na extração de óleos de sementes vegetais.

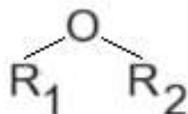


Marcelo Pinheiro

Acetona ou propanona.

Éteres

Éter é uma substância que apresenta o grupo funcional alcóxi, ou seja, em sua estrutura há um átomo de oxigênio entre dois átomos de carbono. Este heteroátomo divide a estrutura em duas partes R_1 e R_2 , que podem ser grupos orgânicos iguais ou diferentes.



Grupo funcional alcóxi

Nomenclaturas

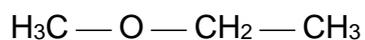
Há duas regras possíveis para se nomear um éter.

1ª regra

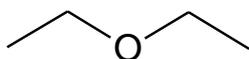
Prefixo da parte menor + ÓXI + nome do hidrocarboneto da parte maior

Nesta regra, a parte maior do éter é considerada como cadeia principal.

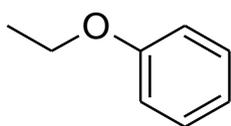
Exemplos:



metóxi-etano



etóxi-etano



etóxi-benzeno

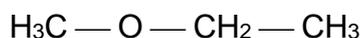
2ª regra

Éter + nome do grupo orgânico + ICO e nome do outro grupo orgânico + ICO

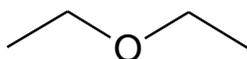
Os grupos orgânicos de cada parte do éter devem ser citados em ordem alfabética.

Quando os grupos orgânicos são iguais, o prefixo “di” pode ser dispensado.

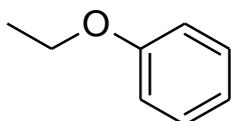
Exemplos:



éter etílico e metílico



éter dietílico ou éter etílico



éter etílico e fenílico

Curiosidade

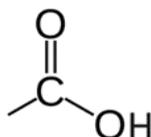
A substância **éter etílico (C₄H₁₀O)** foi usado inicialmente no tratamento de infecções pulmonares e do escorbuto. Tal substância passou a ser utilizada em procedimentos médicos como analgésico em 1842, depois que o médico e farmacêutico norte-americano Crawford Williamson Long (1815-1878) verificou que pessoas que se entorpeciam com éter não sentiam dor ao serem feridos ou agredidos.

Esta substância deixou de ser utilizada como analgésico no início do século 20, pois além de ser inflamável, ele também pode provocar náuseas e vômitos.

Posteriormente, ele foi substituído pelo clorofórmio (CHCl₃), cuja ação analgésica é mais rápida.

Ácidos carboxílicos

Ácido carboxílico é uma substância que possui o grupo funcional carboxila (—COOH) na extremidade da cadeia carbônica.



Grupo funcional carboxila

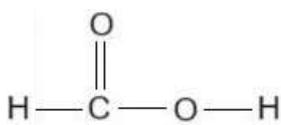
Nomenclatura

Ácido + nome da cadeia carbônica principal + OICO

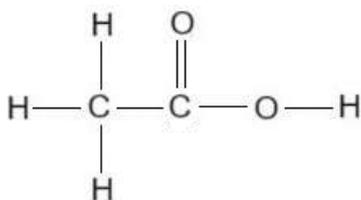
A cadeia principal deve conter o grupo carboxila. Caso a substância seja ramificada e haja a necessidade de se numerar a cadeia principal, o carbono da carboxila recebe o número 1.

Quando o ácido possui duas carboxilas, utiliza-se terminação DIOICO.

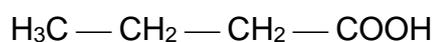
Exemplos:



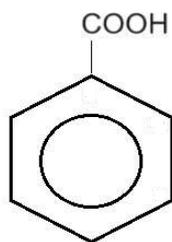
ácido metanoico



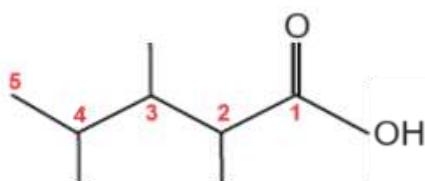
ácido etanoico



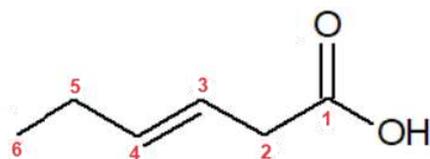
ácido butanoico



ácido benzoico



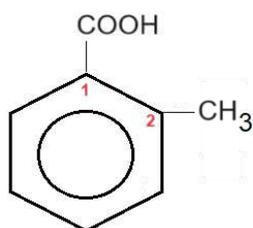
ácido 2,3,4-trimetilpentanoico



ácido hexen-3-oico

No caso do ácido carboxílico aromático, a numeração começa no carbono do anel que está ligado à carboxila.

Exemplo:



ácido 2-metil-benzoico

ou

ácido orto-metil-benzoico

Atenção!

O **ácido metanoico** (CH_2O_2) também é conhecido como ácido fórmico. Ele está presente na picada de certas formigas e é responsável pela sensação de ardor.

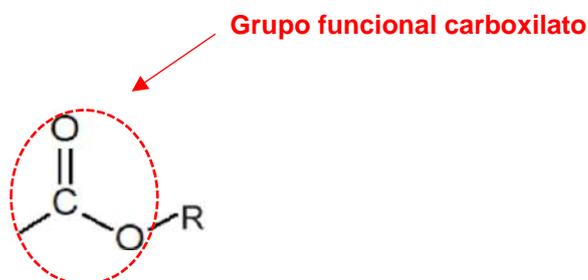
O **ácido etanoico** (CH_4O_2), também chamado de ácido acético, está presente no vinagre, bastante utilizado na culinária e em limpeza.



Vinagre

Ésteres

Éster é uma substância caracterizada pela presença do grupo carboxilato ligado a dois grupos iguais ou diferentes.

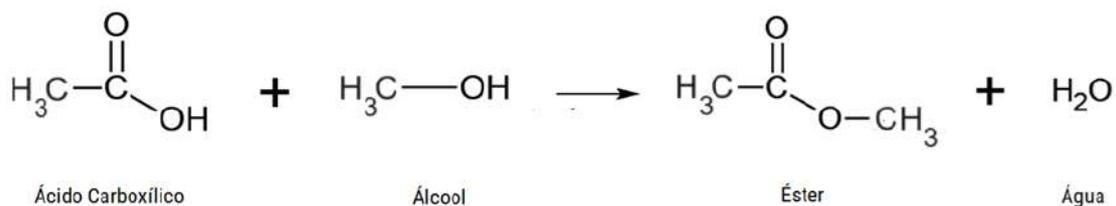


R é um grupo orgânico.

Um éster pode ser produzido numa **reação de esterificação**, que ocorre entre um ácido carboxílico e um álcool.



Exemplo:



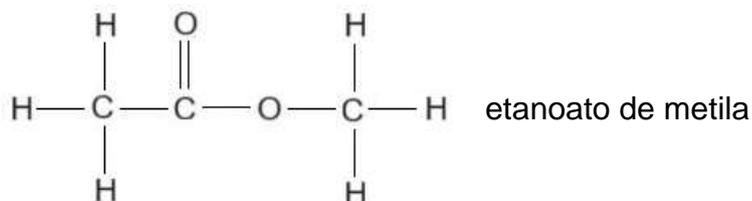
Portanto, um éster é uma substância derivada de um ácido carboxílico, em que no lugar do hidrogênio da hidroxila há um grupo orgânico.

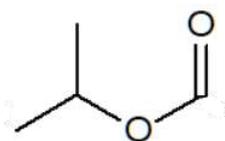
Os ésteres são utilizados como aditivos na indústria alimentícia, que conferem sabor e aroma artificial de frutas aos produtos.

Nomenclatura

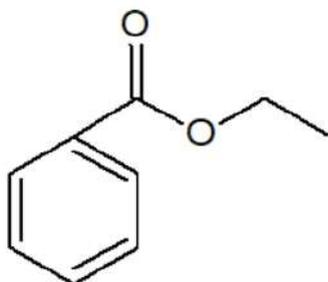
Nome ácido de origem sem o nome ácido + (trocando ICO por ATO) + nome do grupo "R" + A

Exemplos:





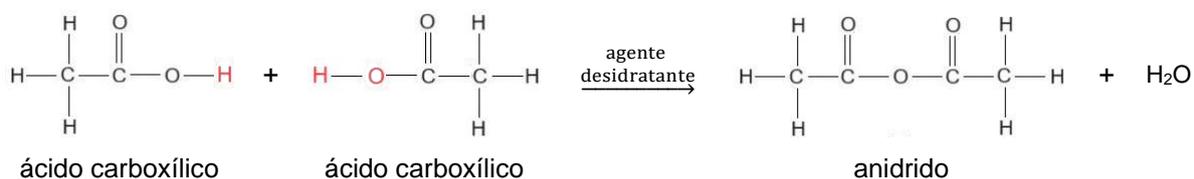
metanoato de isopropila



benzoato de etila

Anidridos de ácidos carboxílicos

Anidrido de ácido carboxílico ou simplesmente **anidrido** é uma substância orgânica derivada da desidratação (eliminação de água) na reação entre moléculas de ácidos carboxílicos.



O grupamento funcional característico de um anidrido é:

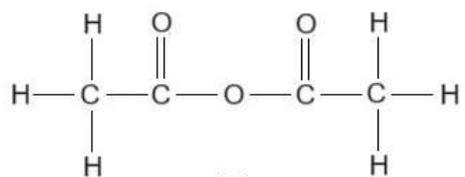


Nomenclatura

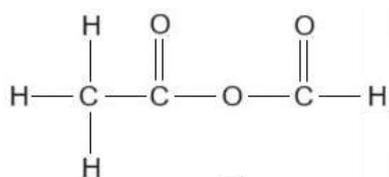
Anidrido + nomes dos ácidos de origem (sem a palavra ácido)

Se as duas moléculas forem do mesmo ácido, utiliza-se apenas um nome de ácido. Se forem diferentes, usam-se os dois nomes em ordem alfabética.

Exemplos:



anidrido etanoico

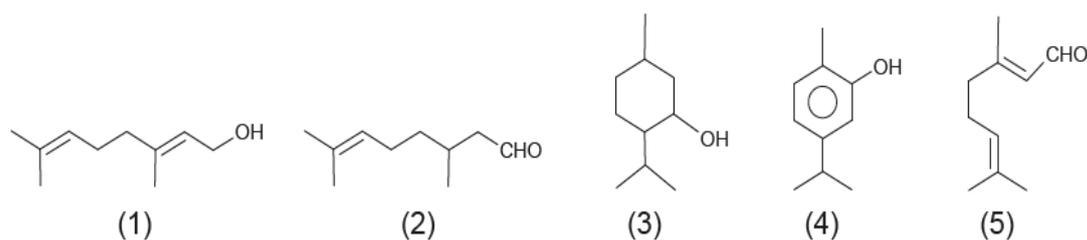


anidrido etanoico-metanoico

QUESTÕES DO ENEM – UNIDADE 4

Questões e imagens retiradas das provas disponibilizadas no *síte* do Inep (<http://www.inep.gov.br>).

1. (Enem 2020) Um microempresário do ramo de cosméticos utiliza óleos essenciais e quer produzir um creme com fragrância de rosas. O principal componente do óleo de rosas tem cadeia poli-insaturada e hidroxila em carbono terminal. O catálogo dos óleos essenciais apresenta, para escolha da essência, estas estruturas químicas:



Qual substância o empresário deverá utilizar?

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

2. (Enem 2018) As abelhas utilizam a sinalização química para distinguir a abelha-rainha de uma operária, sendo capazes de reconhecer diferenças entre moléculas. A rainha produz o sinalizador químico conhecido como ácido 9-hidroxic-2-enoico, enquanto as abelhas-operárias produzem ácido 10-hidroxic-2-enoico. Nós podemos distinguir as abelhas-operárias e rainhas por sua aparência, mas, entre si, elas usam essa sinalização química para perceber a diferença. Pode-se dizer que veem por meio da química.

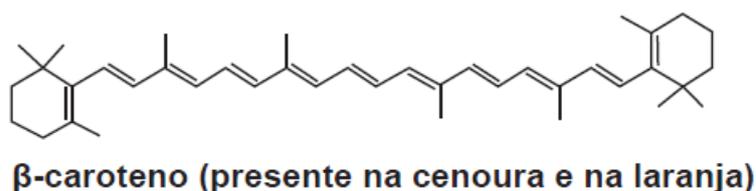
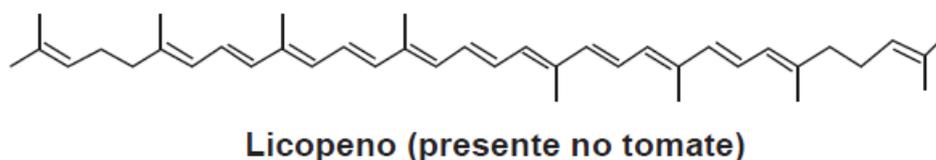
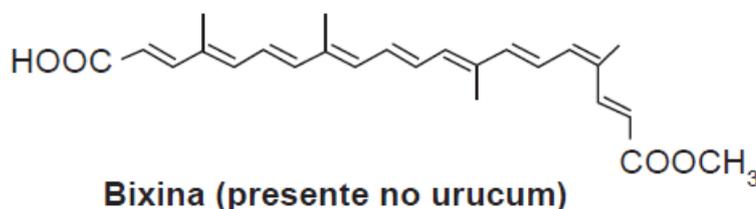
LE COUTEUR, P.; BURRESON, J. *Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006 (adaptado).

As moléculas dos sinalizadores químicos produzidas pelas abelhas rainha e

operária possuem diferença na

- A) fórmula estrutural.
- B) fórmula molecular.
- C) identificação dos tipos de ligação.
- D) contagem do número de carbonos.
- E) identificação dos grupos funcionais.

3. (Enem 2019) A utilização de corantes na indústria de alimentos é bastante difundida e a escolha por corantes naturais vem sendo mais explorada por diversas razões. A seguir são mostradas três estruturas de corantes naturais.



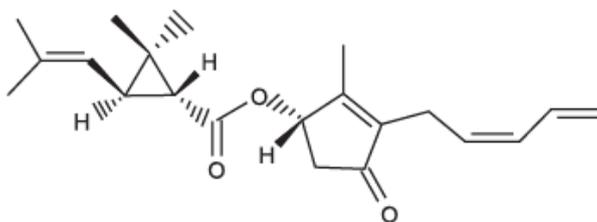
HAMERSKI, L.; REZENDE, M. J. C.; SILVA, B. V. Usando as cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia. *Revista Virtual de Química*, n. 3, 2013.

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

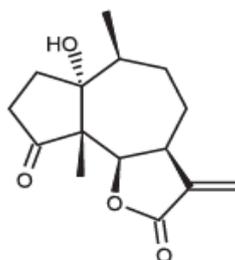
- A) cadeia conjugada.
- B) cadeia ramificada.

- C) átomos de carbonos terciários.
 D) ligações duplas de configuração cis.
 E) átomos de carbonos de hibridação sp^3 .

4. (Enem 2012) A produção mundial de alimentos poderia se reduzir a 40% da atual sem a aplicação de controle sobre as pragas agrícolas. Por outro lado, o uso frequente dos agrotóxicos pode causar contaminação em solos, águas superficiais e subterrâneas, atmosfera e alimentos. Os biopesticidas, tais como a piretrina e a coronopilina, têm sido uma alternativa na diminuição dos prejuízos econômicos, sociais e ambientais gerados pelos agrotóxicos.



Piretrina



Coronopilina

Identifique as funções orgânicas presentes simultaneamente nas estruturas dos dois biopesticidas apresentados:

- A) Éter e éster.
 B) Cetona e éster.
 C) Álcool e cetona.
 D) Aldeído e cetona.
 E) Éter e ácido carboxílico.

UNIDADE 5

FUNÇÕES ORGÂNICAS NITROGENADAS

Aminas

Amina pode ser considerada como uma substância derivada da amônia (NH_3), nos quais os hidrogênios são substituídos por grupos orgânicos.

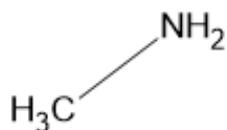
As aminas podem ser classificadas de acordo com o número de átomos de hidrogênio da molécula da amônia que foram substituídos. Quando apenas um átomo hidrogênio foi substituído, a amina é primária. Quando dois átomos de hidrogênio foram substituídos, a amina é secundária. A amina é terciária quando todos os átomos de hidrogênio foram substituídos.

Classificação	Característica	Exemplo
Amina primária	Há 2 átomos de H ligados ao N	$\text{NH}_2 - \text{CH}_3$
Amina secundária	Há 1 átomo de H ligado ao N	$\text{H}_3\text{C} - \text{NH} - \text{CH}_3$
Amina terciária	Não há átomo de H ligado ao N	$ \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \quad \diagdown \quad \diagup \\ \quad \quad \text{N} \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_3 \end{array} $

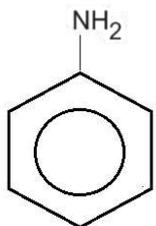
Nomenclatura

Grupos orgânicos ligados ao nitrogênio (em ordem alfabética) + AMINA

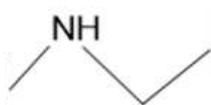
Exemplos:



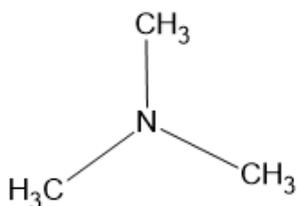
metilamina



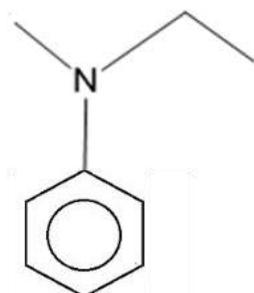
fenilamina (ou anilina)



etil-metilamina



trimetilamina

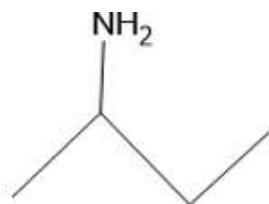


etil-fenil-metilamina

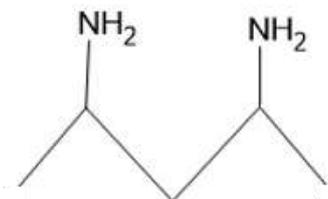
No caso de aminas primárias e estruturas mais complexas, o grupo – NH₂ é chamado de amino, sendo tratado como um grupo substituinte. Isso leva a outra regra de nomenclatura:

Posição do grupo amino + AMINO + nome do hidrocarboneto

Exemplos:



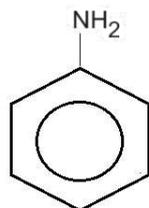
2-amino-butano



2,4-diamino-pentano

Atenção!

Uma amina importante é a **fenilamina**, também chamada de **anilina**, usada para se obter corantes de diversas tonalidades.

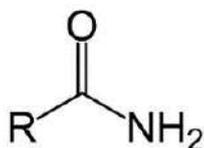


fenilamina ou anilina

Outras substâncias que possuem a função amina em suas moléculas são estimulantes como a cafeína, medicamentos como morfina e fluoxetina e drogas, como cocaína, anfetaminas e nicotina.

Amidas

Amida é uma substância que o grupamento amino ligado diretamente a uma carbonila.



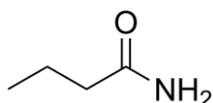
Representação de uma amida genérica

Ela pode ser formada pela reação química entre um ácido carboxílico e a amônia ou uma amina.

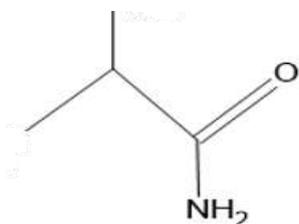
Nomenclatura

Nome do hidrocarboneto + AMIDA

Exemplos:



butanamida



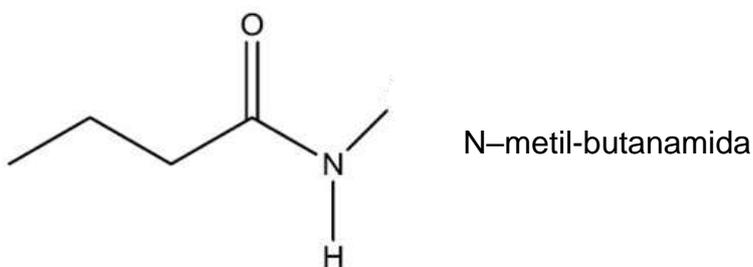
metil-propanamida

Os átomos de hidrogênio do grupamento amino podem ser substituídos, dando origem a outras duas classes de amidas:

- **Amida monossubstituída:** teve um dos hidrogênios do grupo amino substituído por um grupo orgânico.

Na sua nomenclatura, usa-se a letra N à frente do nome do grupo substituínte ligado ao grupo amino.

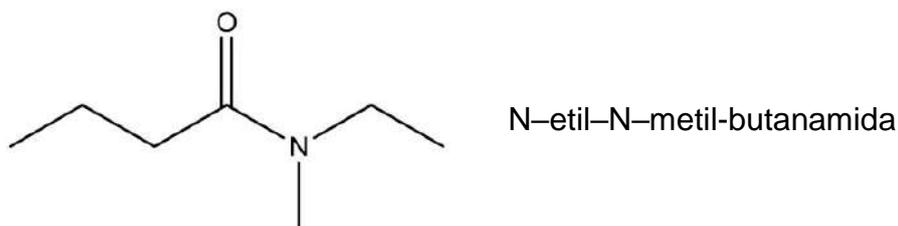
Exemplo:



- **Amida dissubstituída:** teve os dois hidrogênios do grupo amida substituídos por grupos orgânicos.

Na sua nomenclatura, usa-se a letra N à frente do nome de cada grupo substituínte ligado ao grupo amino. Os grupos substituíntes são citados em ordem alfabética.

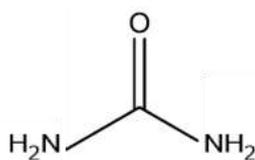
Exemplo:



Curiosidade

As amidas são muito utilizadas como fertilizantes, por serem substâncias que possuem o elemento químico nitrogênio.

Uma das amidas mais importantes é a ureia, primeira substância orgânica sintetizada em laboratório e que está presente na urina dos seres humanos.



Ureia

Em solução aquosa, como a urina, a ureia pode se decompor em dióxido de carbono (CO₂) e amônia (NH₃). O gás amônia ou amoníaco confere odor desagradável a um banheiro não limpo, por exemplo.

Nitrilas

Nitrila é uma substância formada pela substituição do hidrogênio do ácido cianídrico (HCN), que é um ácido inorgânico, por um grupo orgânico, ou seja, é caracterizada pela ligação entre um grupo orgânico e o ânion cianeto (CN⁻).

Nomenclatura

Nome do hidrocarboneto + NITRILA

Exemplos:



etanonitrila



butanonitrila

QUESTÕES DO ENEM – UNIDADE 5

Questões e imagens retiradas das provas disponibilizadas no *síte* do Inep (<http://www.inep.gov.br>).

1. (Enem 2021) Com o objetivo de proporcionar aroma e sabor a diversos alimentos, a indústria alimentícia se utiliza de flavorizantes. Em geral, essas substâncias são ésteres, como as apresentadas no quadro.

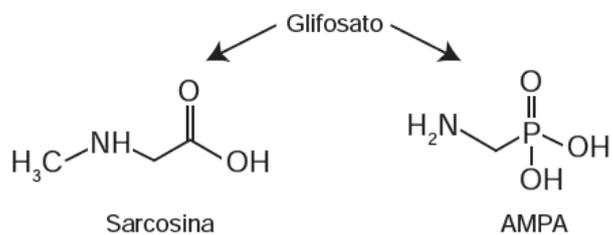
Nome	Fórmula	Aroma
Benzoato de metila	$C_6H_5CO_2CH_3$	Kiwi
Acetato de isoamila	$CH_3CO_2(CH_2)_2CH(CH_3)_2$	Banana
Acetato de benzila	$CH_3CO_2CH_2C_6H_5$	Pêssego
Propanoato de isobutila	$CH_3CH_2CO_2CH_2CH(CH_3)_2$	Rum
Antranilato de metila	$C_6H_4NH_2CO_2CH_3$	Uva

O aroma do flavorizante derivado do ácido etanoico e que apresenta cadeia carbônica saturada é de

- A) kiwi.
- B) banana.
- C) pêssego.
- D) rum.
- E) uva.

2. (Enem 2013) O glifosato ($C_3H_8NO_5P$) é um herbicida pertencente ao grupo químico das glicinas, classificado como não seletivo. Esse composto possui os grupos funcionais carboxilato, amino e fosfonato. A degradação do glifosato no solo é muito rápida e realizada por grande variedade de microrganismos, que

usam o produto como fonte de energia e fósforo. Os produtos da degradação são o ácido aminometilfosfônico (AMPA) e o N-metilglicina (sarcosina):

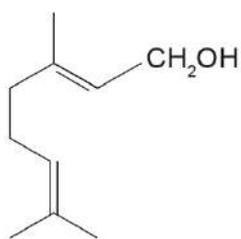


AMARANTE JR., O. P. et al. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 3, 2002 (adaptado).

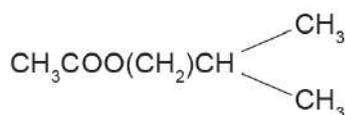
A partir do texto e dos produtos de degradação apresentados, a estrutura química que representa o glifosato é:

- A) CC(N)C(=O)OP(=O)(O)O
- B) OC(=O)CNCOP(=O)(O)O
- C) OC(=O)CC(N)COP(=O)(O)O
- D) CNC(=O)CCOP(=O)(O)O
- E) CNC(=O)CCOP(=O)(O)O

3. (Enem 2015) Uma forma de organização de um sistema biológico é a presença de sinais diversos utilizados pelos indivíduos para se comunicarem. No caso das abelhas da espécie *Apis mellifera*, os sinais utilizados podem ser feromônios. Para saírem e voltarem de suas colmeias, usam um feromônio que indica a trilha percorrida por elas (Composto A). Quando pressentem o perigo, expelem um feromônio de alarme (Composto B), que serve de sinal para um combate coletivo. O que diferencia cada um desses sinais utilizados pelas abelhas são as estruturas e funções orgânicas dos feromônios.



Composto A



Composto B

QUADROS, A. L. Os feromônios e o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n. 7, maio 1998 (adaptado).

As funções orgânicas que caracterizam os feromônios de trilha e de alarme são, respectivamente,

- A) álcool e éster.
- B) aldeído e cetona.
- C) éter e hidrocarboneto.
- D) enol e ácido carboxílico.
- E) ácido carboxílico e amida.

UNIDADE 6

**OUTRAS FUNÇÕES
ORGÂNICAS**

Haleto orgânicos

Haleto orgânico é uma substância que possui pelo menos 1 átomo de halogênio (F, Cl, Br, I) ligado a uma cadeia derivada de um hidrocarboneto.

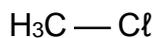
Nomenclatura

Há duas formas de se denominar um haleto orgânico.

1ª forma:

posição do halogênio + nome do halogênio + nome do hidrocarboneto

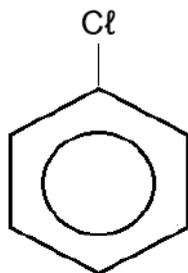
Exemplos:



cloro-metano

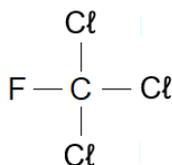


bromo-etano



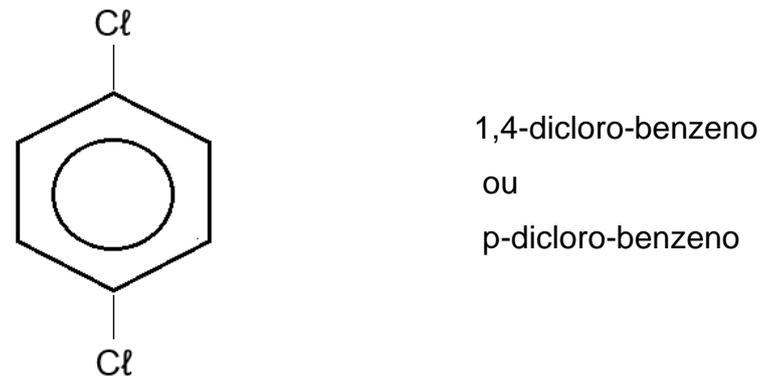
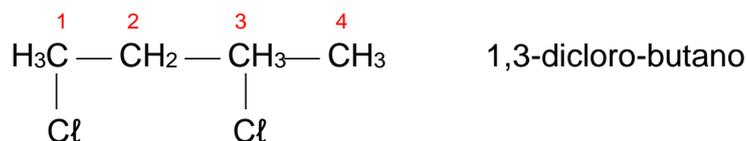
cloro-benzeno

Observe, a seguir, que o nome cloro vem antes de flúor, segundo a ordem alfabética.



triclora-flúor-metano

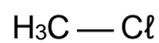
Se houver mais de uma possibilidade para a posição do halogênio, a cadeia principal deve ser numerada a partir da extremidade mais próxima ao halogênio.



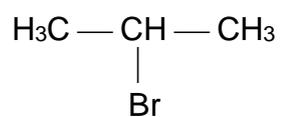
2ª forma:

posição do halogênio + ETO + de + nome do grupo orgânico

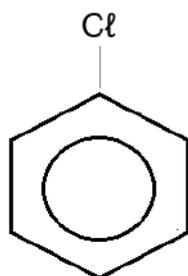
Exemplos:



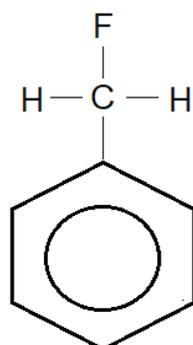
cloreto de metila



brometo de isopropila



cloreto de fenila



fluoreto de benzila

Curiosidade

Na estratosfera está localizada a camada de ozônio (O_3), cuja espessura é de aproximadamente 15 km. Essa camada filtra os raios ultravioleta (UV) provenientes do sol. Dependendo da intensidade que atingem a pele humana, tais raios podem causar problemas tais como envelhecimento das células da epiderme, queimaduras e câncer.

Segundo dados experimentais, haletos orgânicos gasosos conhecidos como CFC (clorofluorcarbono) que eram utilizados em aerossóis, aparelhos de ar condicionado, refrigeração, quando chegavam a grandes altitudes, eram capazes de destruir de forma gradativa a camada de ozônio, o que acabava deixando passar maior quantidade de radiação do que o esperado.

Em 1987, foi assinado o Protocolo de Montreal que proibiu a utilização de CFC. Para eliminar o uso do produto, os países desenvolvidos tiveram um prazo até 1996, enquanto que os países em desenvolvimento tiveram um prazo um pouco maior até 2010. No Brasil, a sua importação foi proibida em 2007.

Com o tempo, outras substâncias passaram a ser utilizadas em substituição aos CFC's.

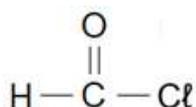
Haleto de acila

Haleto de acila ou **haleto de ácido** é uma substância derivada de um ácido carboxílico através da substituição da hidroxila por um átomo de halogênio (F, Cl, Br, I).

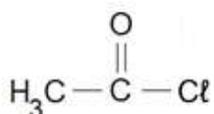
Nomenclatura

nome do halogênio + ETO + de + nome do ácido (- ICO) + ILA

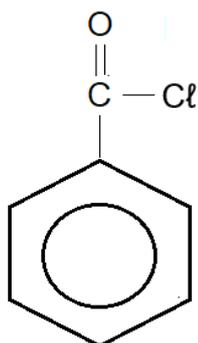
Exemplos:



cloreto de metanoíla
ou
cloreto de formila



cloreto de etanoíla
ou
cloreto de acetila

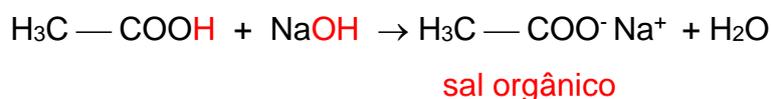


cloreto de bezoíla

Sais orgânicos

Um **sal orgânico** ou **sal de ácido carboxílico** é formado pela reação entre um ácido carboxílico e uma base. Neste processo, o cátion da base troca de lugar com H^+ do ácido, que por sua vez reage com a hidroxila (OH^-) da base para formar água.

Exemplo:



Nomenclatura

Nome do ácido retirando “ácido” e trocando ICO por ATO + de + nome do cátion

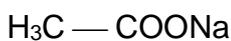
Exemplos:



metanoato de potássio

ou

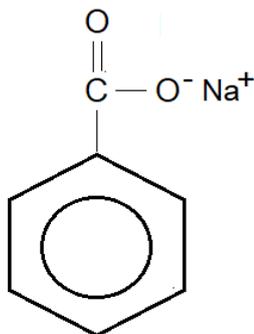
formiato de potássio



etanoato de sódio

ou

acetato de sódio



benzoato de sódio

Nitrocompostos

Nitrocomposto é uma substância orgânica que possui o grupo funcional nitro (-NO₂).

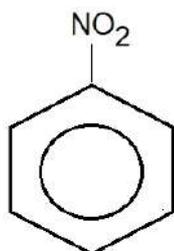
Nomenclatura

posição do grupo funcional + NITRO + nome do hidrocarboneto

Exemplos:

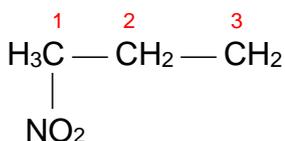


nitro-metano

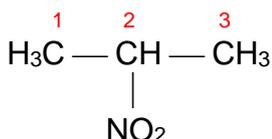


nitro-benzeno

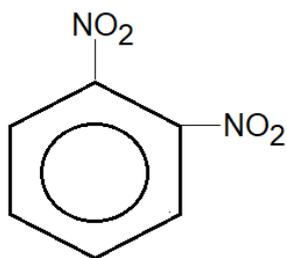
Se houver a necessidade de numerar a cadeia principal para indicar a posição do grupo nitro, ela deve ser numerada a partir da extremidade mais próxima ao grupo funcional.



1-nitro-propano



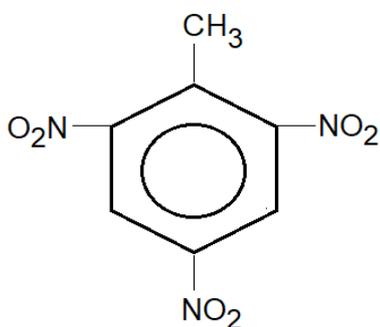
2-nitro-propano



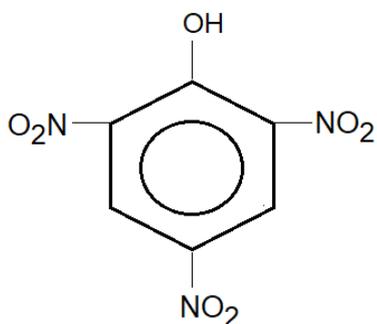
1,2-dinitro-benzeno
ou
o-dinitro-benzeno

Atenção!

Os nitrocompostos a seguir são utilizados como explosivos.



2,4,6-trinitro-tolueno
(TNT)



2,4,6-trinitro-fenol
(ácido pícrico)

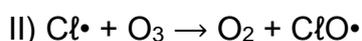
No 2,4,6-trinitro-tolueno, o carbono que possui o grupamento metil recebe o número 1, pois o tolueno é considerado cadeia principal.

No 2,4,6-trinitro-fenol, a numeração começa pelo carbono que possui o grupo hidroxila, pois o fenol é considerado cadeia principal.

QUESTÕES DO ENEM – UNIDADE 6

Questões e imagens retiradas das provas disponibilizadas no *síte* do Inep (<http://www.inep.gov.br>).

1. (Enem 2012) O rótulo de um desodorante aerossol informa ao consumidor que o produto possui em sua composição os gases isobutano, butano e propano, dentre outras substâncias. Além dessa informação, o rótulo traz, ainda, a inscrição “Não contém CFC”. As reações a seguir, que ocorrem na estratosfera, justificam a não utilização de CFC (clorofluorcarbono ou Freon) nesse desodorante:



A preocupação com as possíveis ameaças à camada de ozônio (O_3) baseia-se na sua principal função: proteger a matéria viva na Terra dos efeitos prejudiciais dos raios solares ultravioleta. A absorção da radiação ultravioleta pelo ozônio estratosférico é intensa o suficiente para eliminar boa parte da fração de ultravioleta que é prejudicial à vida.

A finalidade da utilização dos gases isobutano, butano e propano neste aerossol é

- A) substituir o CFC, pois não reagem com o ozônio, servindo como gases propelentes em aerossóis.
- B) servir como propelentes, pois, como são muito reativos, capturam o Freon existente livre na atmosfera, impedindo a destruição do ozônio.
- C) reagir com o ar, pois se decompõem espontaneamente em dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O), que não atacam o ozônio.
- D) impedir a destruição do ozônio pelo CFC, pois os hidrocarbonetos gasosos reagem com a radiação UV, liberando hidrogênio (H_2), que reage com o oxigênio do ar (O_2), formando água (H_2O).
- E) destruir o CFC, pois reagem com a radiação UV, liberando carbono (C), que reage com o oxigênio do ar (O_2), formando dióxido de carbono (CO_2), que é inofensivo para a camada de ozônio.

UNIDADE 7

ISOMERIA

Isomeria

A **isomeria** ocorre quando duas ou mais substâncias apresentam a mesma fórmula molecular, mas possuem diferentes fórmulas planas ou espaciais. Tais substâncias são **isômeras**.

Existem dois tipos de isomeria: **plana** e **espacial**.

Isomeria plana

Isômeros planos são substâncias que possuem a mesma fórmula molecular e diferentes fórmulas estruturais planas. Elas possuem propriedades físicas e químicas diferentes.

Os casos de isomeria plana são:

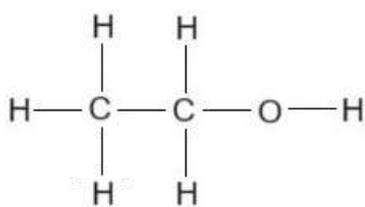
- isomeria de função;
- tautomeria;
- isomeria de cadeia;
- isomeria de posição;
- isomeria de compensação ou metameria.

Isomeria de função

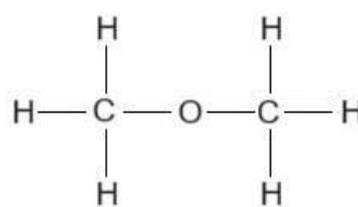
Neste tipo de isomeria, os isômeros pertencem a funções químicas diferentes.

Exemplos:

As substâncias etanol (álcool) e o metóxi-metano (éter) possuem a mesma fórmula molecular, C_2H_6O , mas suas funções orgânicas são diferentes, logo são isômeros de função.

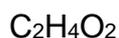
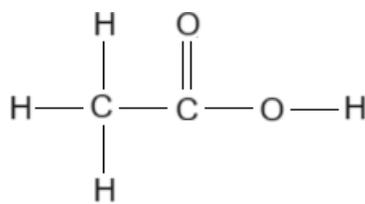


etanol

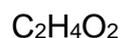
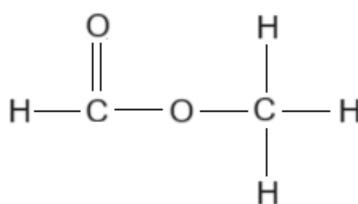


metóxi-metano

O ácido etanoico (ácido carboxílico) e o metanoato de metila (éster) são isômeros de função, pois possuem a mesma fórmula molecular, $C_2H_4O_2$, mas suas funções orgânicas são diferentes.

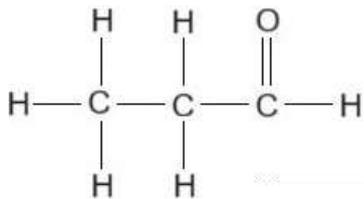


ácido etanoico

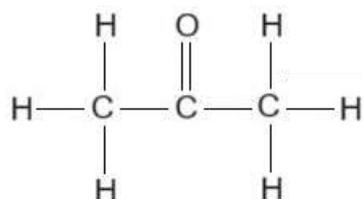


metanoato de metila

Também são isômeras de função as substâncias propanal (aldeído) e propanona (cetona). Ambas possuem a fórmula molecular, C_3H_6O , mas pertencem a funções orgânicas diferentes.



propanal



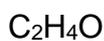
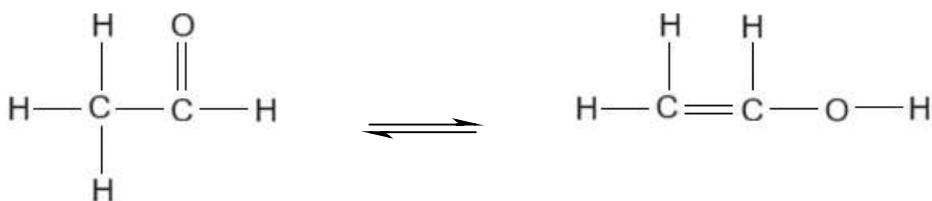
propanona

Tautomeria

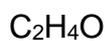
É um caso particular de isomeria de função em que as moléculas estão num equilíbrio dinâmico, uma se transformando na outra em solução aquosa. Os principais tipos de tautomeria são a aldo-enólica, entre um aldeído e um enol, e a ceto-enólica, entre uma cetona e um enol.

Exemplos:

O etanal (aldeído) e o etenol (enol) são tautômeros, pois possuem a mesma fórmula molecular, $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, suas funções orgânicas são diferentes e coexistem num equilíbrio dinâmico em solução aquosa.

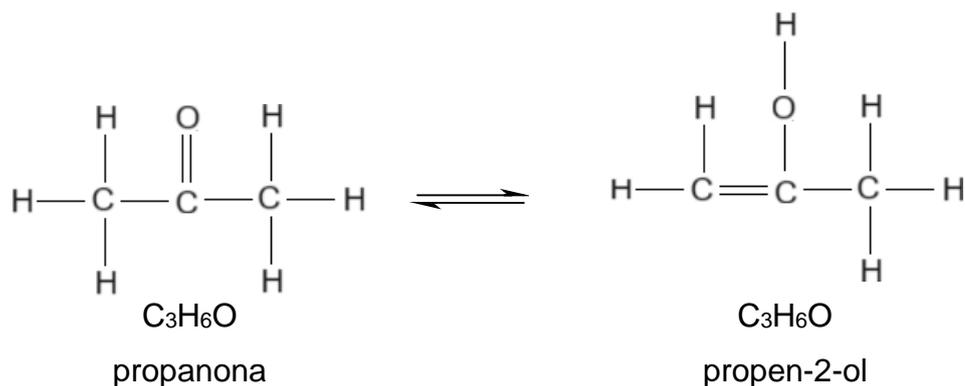


etanal



etenol

As substâncias propanona (cetona) e o propen-2-ol (enol) são tautômeras, pois possuem a mesma fórmula molecular, $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$, suas funções orgânicas são diferentes e coexistem num equilíbrio dinâmico em solução aquosa.

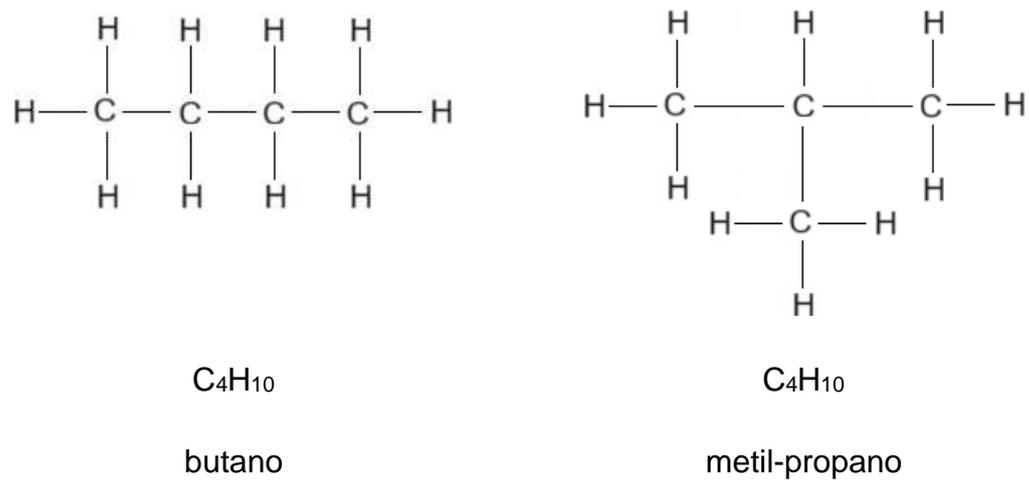


Isomeria de cadeia

Neste caso, os isômeros pertencem à mesma função orgânica, mas possuem diferentes cadeias carbônicas.

Exemplos:

O butano (hidrocarboneto) e o metil-propano (hidrocarboneto) possuem a mesma fórmula molecular, C_4H_{10} , suas funções orgânicas são as mesmas, mas suas cadeias carbônicas são diferentes, logo tais substâncias são isômeras de cadeia.

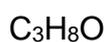
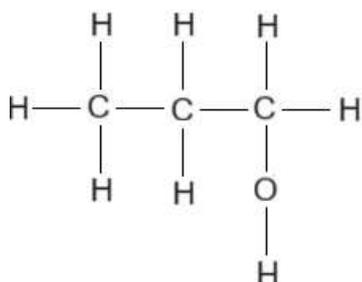


Isomeria de posição

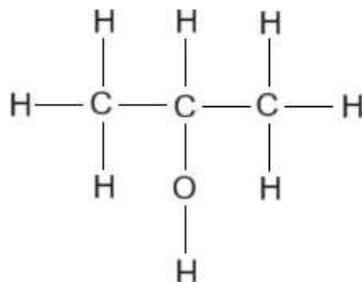
Os isômeros pertencem à mesma função orgânica, possuem a mesma cadeia principal e diferem entre si na posição de um grupo funcional, de uma ramificação ou de uma insaturação.

Exemplos:

O propan-1-ol (álcool) e o propan-2-ol (álcool) possuem a mesma fórmula molecular, C_3H_8O , suas funções orgânicas são as mesmas, apresentam a mesma cadeia principal, mas diferem entre si na posição do grupo funcional hidroxila, logo eles são isômeros de posição.

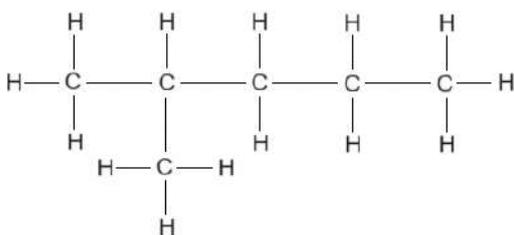


propan-1-ol

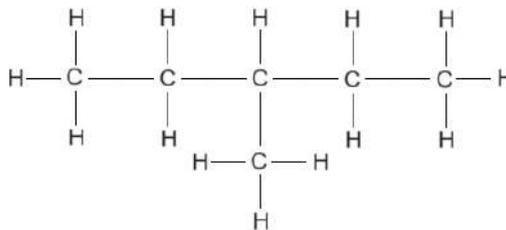


propan-2-ol

As substâncias 2-metil-pentano (hidrocarboneto) e 3-metil-pentano (hidrocarboneto) possuem a mesma fórmula molecular, C_6H_{14} , suas funções orgânicas são as mesmas, apresentam a mesma cadeia principal, mas diferem entre si na posição da ramificação metil, logo elas são isômeras de posição.

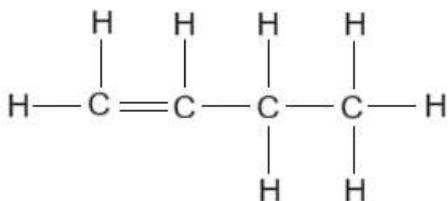


2-metil-pentano

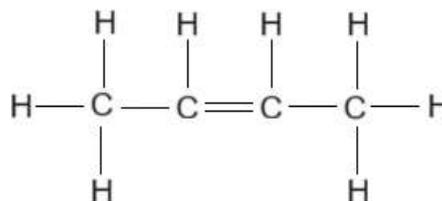


3-metil-pentano

As substâncias but-1-eno (hidrocarboneto) e o but-2-eno (hidrocarbonetos) são isômeras de posição, pois possuem a mesma fórmula molecular, C_4H_8 , suas funções orgânicas são as mesmas, apresentam a mesma cadeia principal, mas diferem entre si na posição da ligação dupla.



but-1-eno



but-2-eno

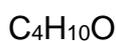
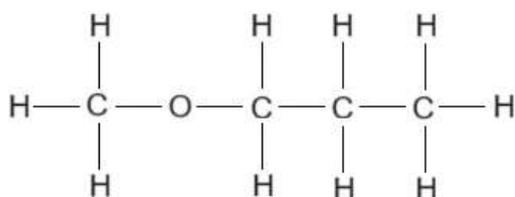
Isomeria de compensação ou metameria

É um caso especial de isomeria de posição, em que os isômeros de mesma função diferem entre si na posição de um heteroátomo.

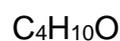
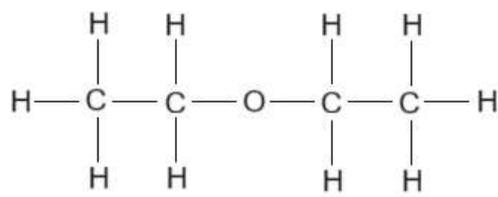
Exemplo:

O metóxi-propano (éter) e o etóxi-etano (éter) são isômeros de compensação ou metâmeros, pois possuem a mesma fórmula molecular,

$C_4H_{10}O$, suas funções orgânicas são as mesmas, mas diferem entre si na posição do heteroátomo.



metóxi-propano



etóxi-etano

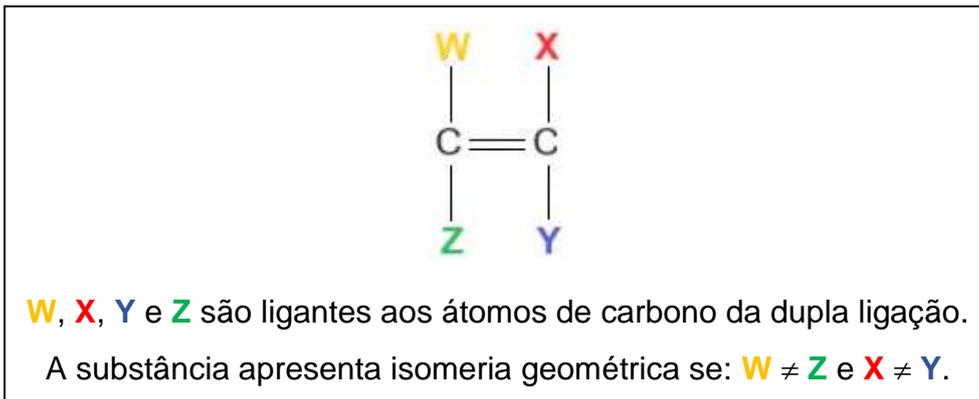
Isomeria espacial ou estereoisomeria

Quando substâncias possuem as mesmas fórmulas moleculares e estruturais planas, e diferem entre si na estrutura espacial de suas moléculas, elas apresentam isomeria espacial ou estereoisomeria.

Este tipo de isomeria pode ser dividido em: **isomeria geométrica** e **isomeria óptica**.

Isomeria geométrica ou cis-trans

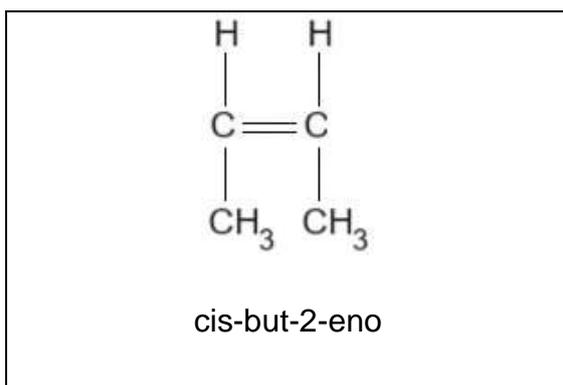
Uma substância pode apresentar isomeria geométrica quando ela possui pelo menos uma ligação dupla entre carbonos e os ligantes desses carbonos da dupla são diferentes entre si, conforme a representação a seguir:



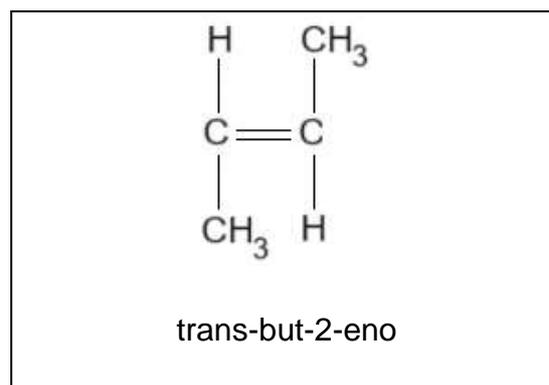
A ligação dupla impede a rotação dos átomos ligados aos carbonos que fazem tal ligação, o que possibilita a existência de duas estruturas espaciais diferentes: a **cis** e a **trans**.

- No isômero **cis** os ligantes dos carbonos da dupla ligação que possuem os maiores tamanhos devem estar no mesmo lado da estrutura espacial.
- No isômero **trans**, os ligantes dos da dupla ligação que possuem os maiores tamanhos devem estar em lados opostos da estrutura espacial.

Por exemplo, o but-2-eno possui isômeros geométricos, o cis-but-2-eno e o trans-but-2-eno:



Os ligantes de maiores massas molares, ou seja, os grupos metil, de cada carbono da dupla ligação estão no mesmo lado da estrutura.



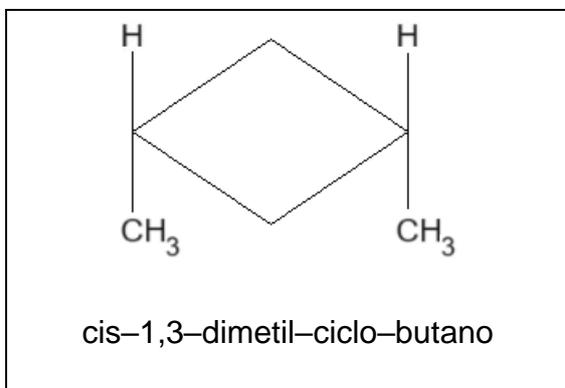
Os ligantes de maiores massas molares, ou seja, os grupos metil, de cada carbono da dupla ligação estão em lados opostos na estrutura.

Curiosidade

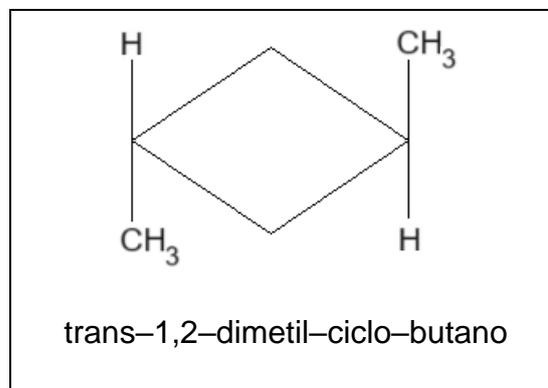
Observe que nos exemplos apresentados, no isômero cis, os ligantes iguais dos carbonos da dupla ficam do mesmo lado, enquanto que no isômero trans, tais ligantes ficam em lados opostos. Porém, quando não há ligantes iguais nos carbonos das duplas, a IUPAC recomenda usar os prefixos E e Z, mas este assunto foge o escopo deste livro, devendo ser tratado em nível superior.

Substâncias cíclicas saturadas também podem apresentar isomeria geométrica, desde que pelo menos dois átomos de carbono da cadeia fechada estejam ligados a grupos de átomos diferentes. As ligações simples entre os átomos de carbono do ciclo também impedem a rotação de seus ligantes.

Como exemplo, observe os isômeros geométricos do 1,3-dimetil-ciclo-butano. Observe que na sua estrutura há dois carbonos que possuem ligantes diferentes, o átomo de hidrogênio e o grupo metil.



Os ligantes de maiores massas molares, ou seja, os grupos metil, de cada carbono da dupla ligação estão no mesmo lado da estrutura.



Os ligantes de maiores massas molares, ou seja, os grupos metil, de cada carbono da dupla ligação estão em lados opostos na estrutura.

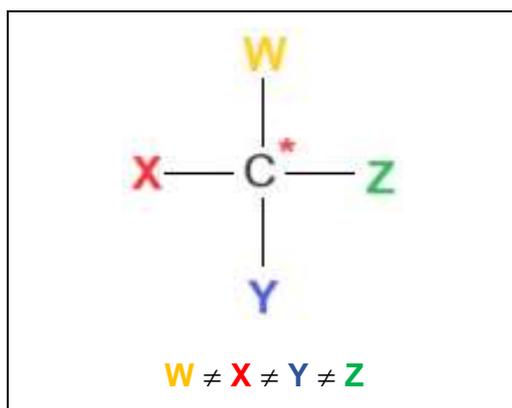
Isomeria óptica

Uma luz monocromática (luz de apenas uma cor) vibra em diferentes planos perpendiculares à direção de propagação. Existe um equipamento denominado polarímetro capaz de polarizar a luz monocromática, fazendo com que ela passe a vibrar em apenas um plano, tornando-a uma luz polarizada.

Ao se colocar determinadas substâncias num polarímetro, verifica-se que elas possuem a capacidade de desviar o plano de vibração da luz polarizada. São chamadas de **dextrogiras**, representadas por **(+)** ou **(d)**, as substâncias que desviam o plano de luz polarizada para a direita e são denominadas **levogiras**, representadas por **(-)** ou **(l)**, aquelas que provocam um desvio desse plano para a esquerda.

As moléculas que apresentam atividade óptica são assimétricas, ou seja, não é possível colocar um plano de simetria que divida a molécula em dois lados iguais. A presença de pelo menos um carbono ligado a quatro átomos ou grupos substituintes diferentes, denominado **carbono assimétrico** ou **carbono quiral**, confere assimetria a uma molécula orgânica.

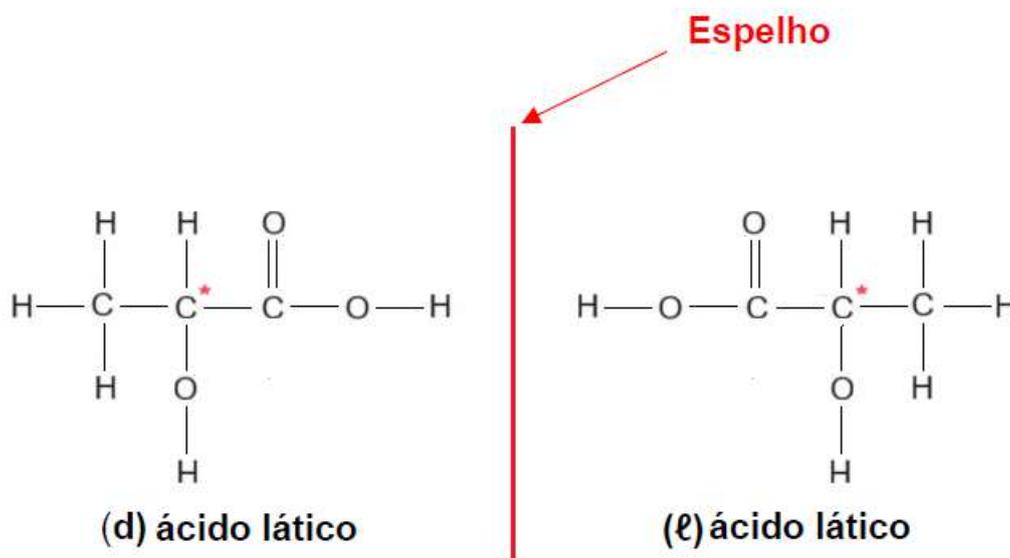
O átomo de carbono assinalado com um asterisco na representação a seguir é quiral ou assimétrico, pois ele possui quatro ligantes diferentes.



Uma molécula assimétrica, ao ser colocada diante de um espelho, pode formar um par objeto-imagem que não se sobrepõem, da mesma forma que as mãos de um ser humano ao serem colocadas uma sobre a outra com as unhas voltadas para cima. Moléculas que formam um par objeto-imagem são diferentes

espacialmente. Uma dessas estruturas desvia o plano da luz polarizada para a direita e a outra para a esquerda.

Por exemplo, o ácido láctico (ácido 2-hidróxi-propanoico) possui isomeria ótica. Observe na figura a seguir o par objeto-imagem (**(d) ácido láctico** e **(ℓ) ácido láctico**).

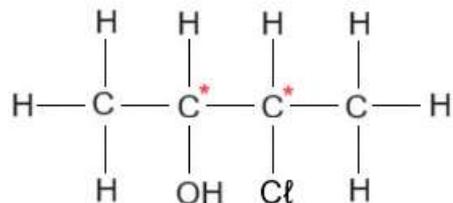


Essas estruturas são **enantiômeras** ou **enantiomorfas** entre si, pois elas formam um par objeto-imagem e não se sobrepõem. Substâncias formadas por essas moléculas possuem as mesmas propriedades físicas e químicas, mas podem apresentar propriedades fisiológicas diferentes.

Quando num mesmo recipiente são colocadas quantidades iguais de isômeros dextrogiros e levogiros que formam pares objeto-imagem, obtém-se uma mistura opticamente inativa e que é denominada **mistura racêmica**.

O número de isômeros óticos de uma substância pode ser calculado pela regra de Van't Hoff. Esta regra diz que o número de isômeros opticamente ativos presentes numa substância com “n” carbonos assimétricos em cada molécula é igual a 2^n .

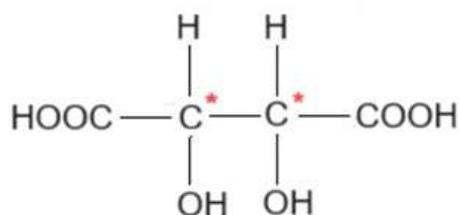
Por exemplo, a substância 3-cloro-butan-2-ol, possui dois carbonos assimétricos, logo apresenta $2^2 = 4$ isômeros opticamente ativos.



3-cloro-butan-2-ol

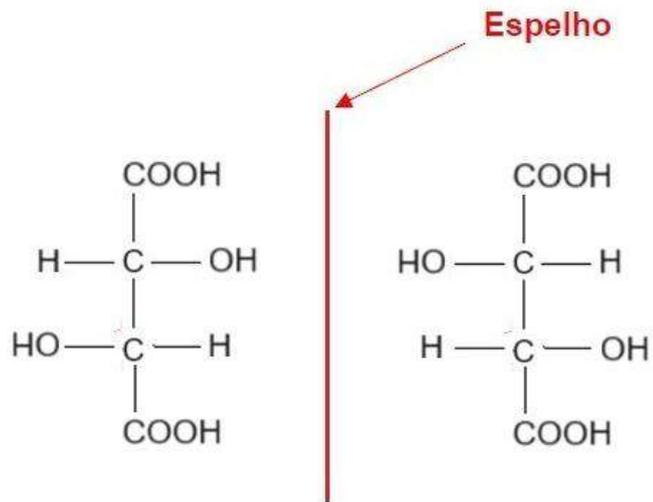
Os isômeros dextrogiros e levogiros de uma mesma substância que não formam um par objeto-imagem são chamados de **diastereoisômeros**.

Nem sempre o número de isômeros óticamente ativos pode ser determinado pela regra de Van't Hoff. Isso ocorre quando uma substância possui dois carbonos assimétricos iguais, como o ácido tartárico (ácido 2,3-di-hidróxi-butanodioico):

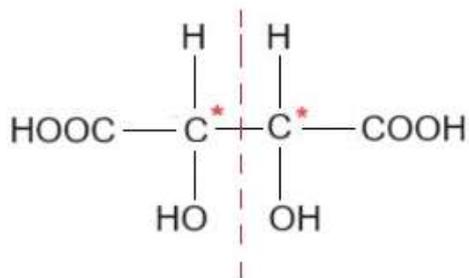


ácido tartárico

Como esta substância possui 2 carbonos assimétricos, segundo a regra de Van't Hoff, ela deveria apresentar 4 isômeros óticamente ativos, porém ela possui 2 isômeros óticos ativos e uma forma **MESO** que é óticamente inativa, pois sua estrutura é simétrica.

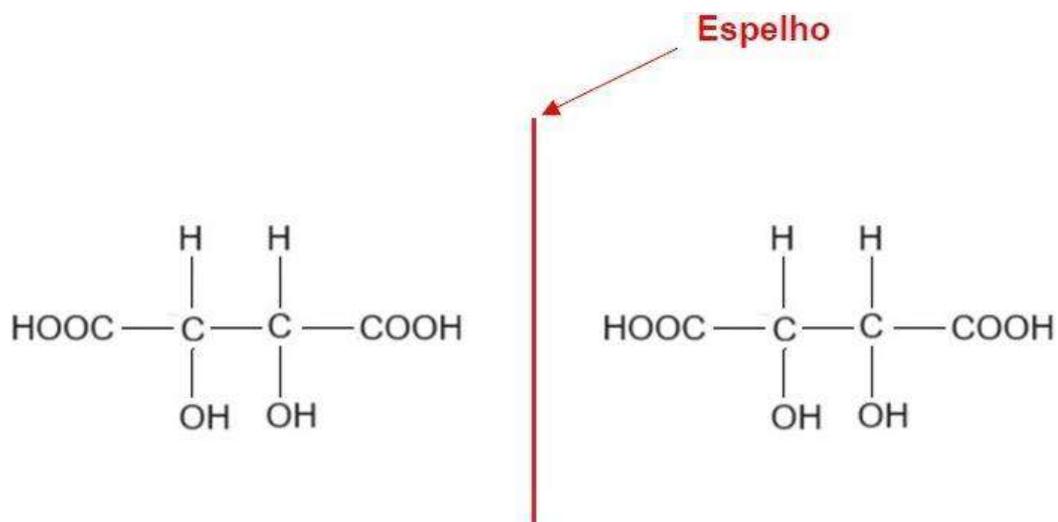


Isômeros opticamente ativos do ácido tartárico



Forma Meso do ácido tartárico.

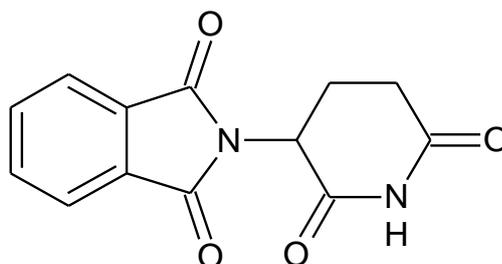
Observe que a linha tracejada na estrutura acima divide a molécula em dois lados iguais, o que lhe confere uma estrutura simétrica.



O par objeto-imagem da forma MESO são sobreponíveis, logo esta forma é opticamente inativa.

Curiosidade

Um medicamento denominado Talidomida foi receitado, no final da década de 1950, como sedativo e para evitar enjoos em gestantes. Porém, seu uso em mulheres grávidas foi proibido, pois após milhares de casos de bebês gerados com problemas de formação, verificou-se que tal medicamento era responsável por sérios efeitos colaterais em fetos, tais como desenvolvimento incompleto ou defeituoso dos membros, mal formação em órgãos, como coração, intestino, útero, etc.



Estrutura da molécula da talidomida

A molécula da talidomida possui isômeros ópticos. O medicamento receitado era uma mistura racêmica e tempos depois foi descoberto que somente o isômero levogiro provocava mutações no feto.

QUESTÕES DO ENEM – UNIDADE 7

Questões e imagens retiradas das provas disponibilizadas no *síte* do Inep (<http://www.inep.gov.br>).

1. (Enem 2018) As abelhas utilizam a sinalização química para distinguir a abelha-rainha de uma operária, sendo capazes de reconhecer diferenças entre moléculas. A rainha produz o sinalizador químico conhecido como ácido 9-hidroxic-2-enoico, enquanto as abelhas-operárias produzem ácido 10-hidroxic-2-enoico. Nós podemos distinguir as abelhas-operárias e rainhas por sua aparência, mas, entre si, elas usam essa sinalização química para perceber a diferença. Pode-se dizer que veem por meio da química.

LE COUTEUR, P.; BURRESON, J. *Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006 (adaptado).

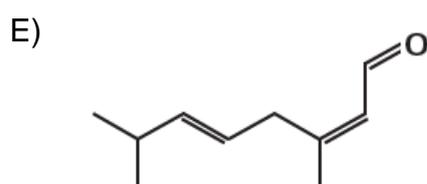
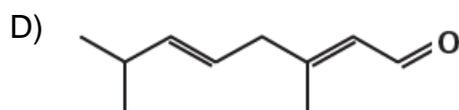
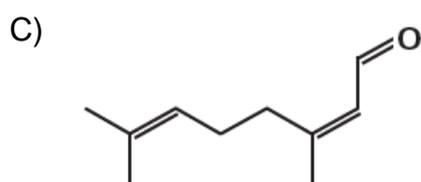
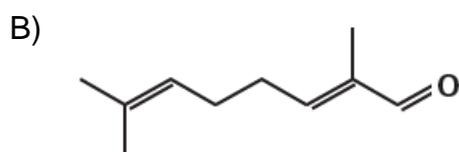
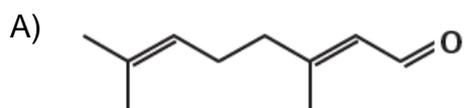
As moléculas dos sinalizadores químicos produzidas pelas abelhas rainha e operária possuem diferença na

- A) fórmula estrutural.
- B) fórmula molecular.
- C) identificação dos tipos de ligação.
- D) contagem do número de carbonos.
- E) identificação dos grupos funcionais.

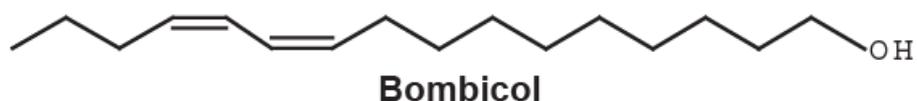
2. (Enem 2013) O citral, substância de odor fortemente cítrico, é obtido a partir de algumas plantas como o capim-limão, cujo óleo essencial possui aproximadamente 80%, em massa, da substância. Uma de suas aplicações é na fabricação de produtos que atraem abelhas, especialmente do gênero *Apis*, pois seu cheiro é semelhante a um dos feromônios liberados por elas. Sua fórmula molecular é $C_{10}H_{16}O$, com uma cadeia alifática de oito carbonos, duas insaturações, nos carbonos 2 e 6; e dois grupos substituintes metila, nos

carbonos 3 e 7. O citral possui dois isômeros geométricos, sendo o *trans* o que mais contribui para o forte odor.

Para que se consiga atrair um maior número de abelhas para uma determinada região, a molécula que deve estar presente em alta concentração no produto a ser utilizado é:

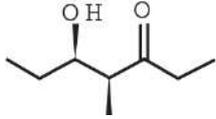
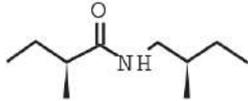
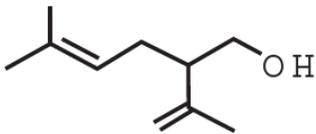


3. (Enem 2016) Os feromônios são substâncias utilizadas na comunicação entre indivíduos de uma espécie. O primeiro feromônio isolado de um inseto foi o bombicol, substância produzida pela mariposa do bicho-da-seda.



O uso de feromônios em ações de controle de insetos-praga está de acordo com

o modelo preconizado para a agricultura do futuro. São agentes altamente específicos e seus compostos químicos podem ser empregados em determinados cultivos, conforme ilustrado no quadro.

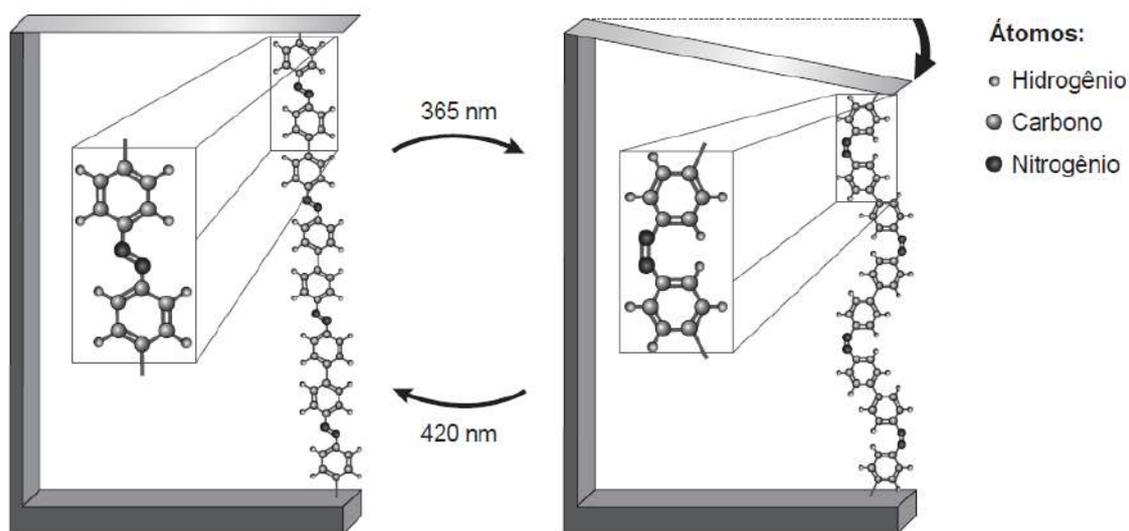
Substância	Inseto	Cultivo
	<p><i>Sitophilus spp</i></p>	<p>Milho</p>
	<p><i>Migdolus fryanus</i></p>	<p>Cana-de-açúcar</p>
	<p><i>Anthonomus rubi</i></p>	<p>Morango</p>
	<p><i>Grapholita molesta</i></p>	<p>Frutas</p>
	<p><i>Scrobipalpuloides absoluta</i></p>	<p>Tomate</p>

FERREIRA, J. T. B.; ZARBIN, P. H. G. Amor ao primeiro odor: a comunicação química entre os insetos. *Química Nova na Escola*. n.7, maio 1998 (adaptado).

Considerando essas estruturas químicas, o tipo de estereoisomeria apresentada pelo bombicol é também apresentada pelo feromônio utilizado no controle do inseto

- A) *Sitophilus spp.*
- B) *Migdolus fryanus.*
- C) *Anthonomus rubi.*
- D) *Grapholita molesta.*
- E) *Scrobipalpuloides absoluta.*

4. (Enem 2018) Pesquisas demonstram que nanodispositivos baseados em movimentos de dimensões atômicas, induzidos por luz, poderão ter aplicações em tecnologias futuras, substituindo micromotores, sem a necessidade de componentes mecânicos. Exemplo de movimento molecular induzido pela luz pode ser observado pela flexão de uma lâmina delgada de silício, ligado a um polímero de azobenzeno e a um material suporte, em dois comprimentos de onda, conforme ilustrado na figura. Com a aplicação de luz ocorrem reações reversíveis da cadeia do polímero, que promovem o movimento observado.



TOMA, H. E. *A nanotecnologia das moléculas*. Química Nova na Escola, n. 21, maio 2005 (adaptado).

O fenômeno de movimento molecular, promovido pela incidência de luz, decorre do(a)

- A) movimento vibracional dos átomos, que leva ao encurtamento e à relaxação das ligações.
- B) isomerização das ligações $N=N$, sendo a forma cis do polímero mais compacta que a trans.
- C) tautomerização das unidades monoméricas do polímero, que leva a um composto mais compacto.
- D) ressonância entre os elétrons π do grupo azo e os do anel aromático que encurta as ligações duplas.
- E) variação conformacional das ligações $N=N$, que resulta em estruturas com diferentes áreas de superfície.

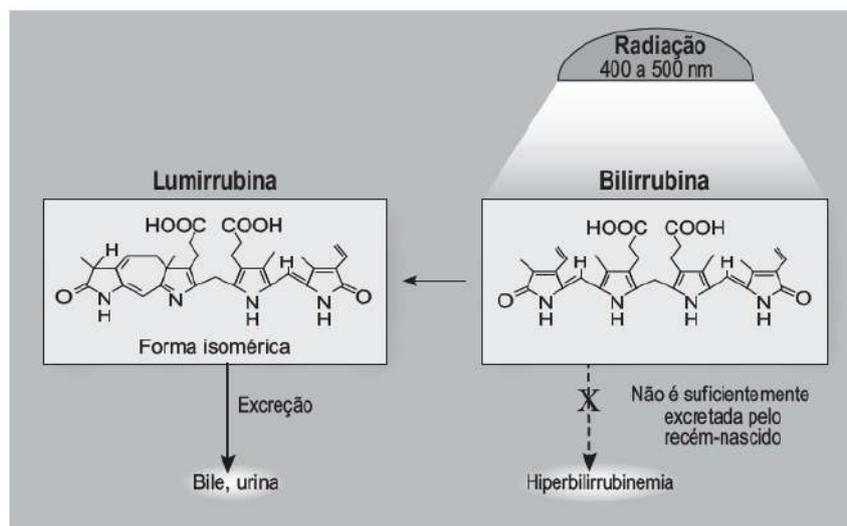
5. (Enem 2014) O estudo de compostos orgânicos permite aos analistas definir propriedades físicas e químicas responsáveis pelas características de cada substância descoberta. Um laboratório investiga moléculas quirais cuja cadeia carbônica seja insaturada, heterogênea e ramificada.

A fórmula que se enquadra nas características da molécula investigada é

- A) $CH_3-(CH)_2-CH(OH)-CO-NH-CH_3$.
- B) $CH_3-(CH)_2-CH(CH_3)-CO-NH-CH_3$.
- C) $CH_3-(CH)_2-CH(CH_3)-CO-NH_2$.
- D) $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CO-NH-CH_3$.
- E) $C_6H_5-CH_2-CO-NH-CH_3$.

6. (Enem 2021) A icterícia, popularmente conhecida por amarelão, é uma patologia frequente em recém-nascidos. Um bebê com icterícia não consegue metabolizar e excretar de forma eficiente a bilirrubina. Com isso, o acúmulo dessa substância deixa-o com a pele amarelada. A fototerapia é um tratamento da icterícia neonatal, que consiste na irradiação de luz no bebê. Na presença de luz, a bilirrubina é convertida no seu isômero lumirrubina que, por ser mais solúvel em água, é excretada pela bile ou pela urina. A imagem ilustra o que ocorre nesse tratamento.

MOREIRA. M. et al. O recém-nascido de alto risco: teoria e prática do cuidar [on-line]. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2004 (adaptado).



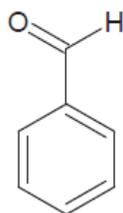
WANG, J. et al. Challenges of phototherapy for neonatal hyperbilirubinemia (Review). Experimental and Therapeutic Medicine, n.21, 2021 (adaptado)

Na fototerapia, a luz provoca a conversão da bilirrubina no seu isômero

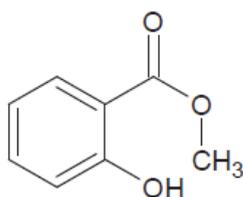
- A) ótico.
- B) funcional.
- C) de cadeia.
- D) de posição.
- E) geométrico.

7. (Enem 2022) De modo geral, a palavra “aromático” invoca associações agradáveis, como cheiro de café fresco ou de um pão doce de canela. Associações similares ocorriam no passado da história da química orgânica, quando os compostos ditos “aromáticos” apresentavam um odor agradável e foram isolados de óleos naturais. À medida que as estruturas desses compostos eram elucidadas, foi se descobrindo que vários deles continham uma unidade estrutural específica. Os compostos aromáticos que continham essa unidade estrutural tornaram-se parte de uma grande família, muito mais com base em

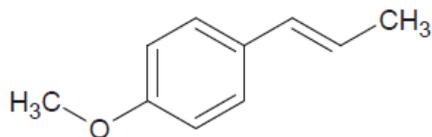
suas estruturas eletrônicas do que nos seus cheiros, como as substâncias a seguir, encontradas em óleos vegetais.



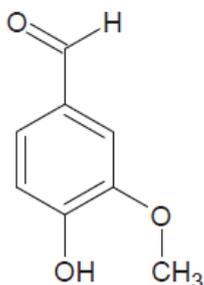
Benzaldeído
(no óleo de amêndoas)



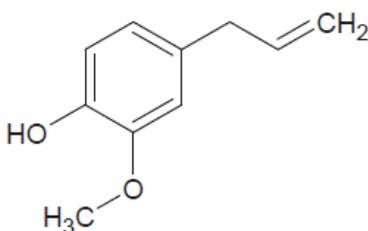
Salicilato de metila
(no óleo de gaultéria)



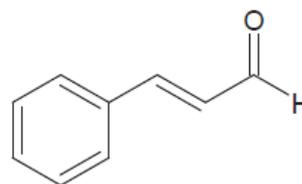
Anetol
(no óleo de anis)



Vanilina
(no óleo de baunilha)



Eugenol
(no óleo de cravos)



Cinamaldeído
(no óleo de canela)

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química orgânica**. Rio de Janeiro: LTC, 2009 (adaptado).

A característica estrutural dessa família de compostos é a presença de

- A) ramificações.
- B) insaturações.
- C) anel benzênico.
- D) átomos de oxigênio.
- E) carbonos assimétricos.

UNIDADE 8

SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS E SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS

Propriedades físicas de substâncias orgânicas

Nesta unidade, vamos estudar duas propriedades físicas das substâncias orgânicas, a temperatura de ebulição e solubilidade. Em nosso dia a dia, podem ocorrer situações que envolvem tais propriedades. Por exemplo, se uma pessoa sujar uma roupa com graxa, ela não conseguirá remover a mancha apenas com água, pois tais materiais não tendem a dissolver entre si, devido à diferença entre suas polaridades. Neste caso, deve-se utilizar outro material que possibilite a remoção, como veremos mais adiante.

As diferentes temperaturas de ebulição de substâncias possibilitam a separação dos derivados do petróleo, como gasolina, óleo diesel, querosene utilizando-se o processo denominado destilação fracionada.

Para estudarmos as propriedades físicas citadas, faremos uma pequena revisão de ligações intermoleculares.

Ligações intermoleculares

As substâncias moleculares têm ligações covalentes entre seus átomos (ligações **intramoleculares**), e no estado sólido e líquido, apresentam interações mais fracas entre suas moléculas denominadas ligações **intermoleculares**. Estas ligações praticamente deixam de existir quando a substância passa para o estado gasoso.

As ligações intermoleculares são: **dipolo induzido-dipolo induzido**, **dipolo-dipolo** e **ligação de hidrogênio**. Elas podem ocorrer entre moléculas iguais de uma mesma substância ou entre moléculas diferentes de uma mistura.

Ligação dipolo induzido-dipolo induzido

Esta é uma interação fraca característica de moléculas apolares e também é conhecida como força de dispersão de London (**força de London**). Ela ocorre entre todos os tipos de moléculas, mas moléculas apolares como o tetracloreto de carbono (CCl_4) e os hidrocarbonetos em geral só fazem este tipo de ligação.

Ligação dipolo-dipolo

Este tipo de interação também é conhecido como **ligação dipolo permanente-dipolo permanente**, é mais forte que a anterior e ocorre entre moléculas polares. Este tipo de ligação pode ser realizado, por exemplo, em substâncias das funções aldeído, cetona e éter.

Apesar dos éteres poderem fazer ligações do tipo dipolo-dipolo, a sua polaridade é baixa.

Ligação de hidrogênio

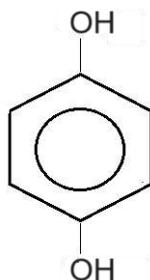
São interações mais fortes que as ligações dipolo-dipolo e ocorre entre moléculas de uma substância que possuem hidrogênio (H) ligado a flúor (F), oxigênio (O) ou nitrogênio (N). Estes três últimos elementos químicos são muito eletronegativos, polarizando ainda mais a ligação com o hidrogênio.

No caso de uma mistura, ela também aparece entre uma molécula que possui hidrogênio (H) ligado a flúor (F), oxigênio (O) ou nitrogênio (N) e outra molécula que apresente flúor, oxigênio ou nitrogênio.

Dentre as substâncias orgânicas que fazem ligação de hidrogênio, podemos destacar os álcoois, os ácidos carboxílicos, as aminas primária e secundária com hidrogênio ligado ao nitrogênio e as amidas que possuem hidrogênio ligado ao nitrogênio.

Atenção!

Nem toda molécula que faz ligação de hidrogênio é polar. Por exemplo, a molécula do 1,4-di-hidróxi-benzeno é apolar, pois os vetores polaridade se anulam, mas ela pode fazer ligação de hidrogênio, pois possui hidrogênio ligado a átomo de oxigênio.



1,4-di-hidróxi-benzeno

Temperatura de ebulição

Sabemos que quando uma substância líquida é aquecida sob determinada pressão, ela passa rapidamente para o estado gasoso, ao ser atingida a sua temperatura de ebulição.

A temperatura de ebulição da substância depende da força da ligação que será rompida durante a mudança de estado físico. Quanto mais forte for essa ligação, maior é a temperatura de ebulição da substância.

As substâncias moleculares possuem fortes ligações covalentes (ligações intramoleculares) entre os átomos de uma mesma molécula e fracas ligações entre as moléculas (ligações intermoleculares). Somente as ligações intermoleculares são rompidas durante a ebulição. A ordem crescente das forças das ligações intermoleculares é a seguinte:

Dipolo induzido-dipolo induzido < dipolo-dipolo < ligação de hidrogênio

A temperatura de ebulição de uma substância está relacionada com o tamanho da sua molécula e o tipo de ligação intermolecular que ela faz.

Tamanho da molécula

Se substâncias moleculares possuem **o mesmo tipo de força intermolecular**, tem maior temperatura de ebulição aquela formada por moléculas de maior tamanho, pois apresentam maiores superfícies de contato entre elas, podendo fazer um número maior de ligações intermoleculares, sendo necessária maior quantidade de energia para rompê-las.

Por exemplo, hidrocarbonetos como propano (C₃H₈), butano (C₄H₁₀) e pentano (C₅H₁₂) são apolares, logo suas ligações intermoleculares são do tipo dipolo induzido-dipolo induzido. Observe, no quadro a seguir, as suas temperaturas de ebulição:

Fórmula molecular	Fórmula estrutural plana	Ligação intermolecular	Temperatura de ebulição (°C) a 1 atm
C ₃ H ₈	$\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \\ & & & & & & \\ \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{H} & & \\ & & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \end{array}$ <p>propano</p>	Dipolo induzido-dipolo induzido	-42,1
C ₄ H ₁₀	$\begin{array}{cccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \\ & & & & & & & \\ \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{H} & & \\ & & & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \end{array}$ <p>butano</p>	Dipolo induzido-dipolo induzido	-0,5
C ₅ H ₁₂	$\begin{array}{ccccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \\ & & & & & & & & \\ \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{H} & & \\ & & & & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \end{array}$ <p>pentano</p>	Dipolo induzido-dipolo induzido	36,1

O pentano possui moléculas maiores que o butano que por sua vez possui moléculas maiores que o propano, por isso o pentano possui maior temperatura de ebulição.

Analise o quadro a seguir:

Fórmula estrutural plana	Ligação intermolecular	Temperatura de ebulição (°C) a 1 atm
$ \begin{array}{ccccccccc} & H & H & H & H & H & & & \\ & & & & & & & & \\ H & -C & -C & -C & -C & -C & -H & & \\ & & & & & & & & \\ & H & H & H & H & H & & & \end{array} $ <p>pentano</p>	<p>Dipolo induzido-dipolo induzido</p>	<p>36,1</p>
$ \begin{array}{ccccccc} & H & & H & & H & & H & \\ & & & & & & & & \\ H & -C & - & C & - & C & - & C & -H \\ & & & & & & & & \\ & H & & H & - & C & - & H & \\ & & & & & & & & \\ & & & & & H & & & \end{array} $ <p>metil-butano</p>	<p>Dipolo induzido-dipolo induzido</p>	<p>27,8</p>
$ \begin{array}{ccccccc} & & & H & & & & & \\ & & & & & & & & \\ & & & H & - & C & - & H & \\ & & & & & & & & \\ & H & & & & H & & H & \\ & & & & & & & & \\ H & -C & - & C & - & C & - & H & \\ & & & & & & & & \\ & H & & & & H & & H & \\ & & & H & - & C & - & H & \\ & & & & & & & & \\ & & & H & & & & & \end{array} $ <p>dimetil-propano</p>	<p>Dipolo induzido-dipolo induzido</p>	<p>9,5</p>

No caso de substâncias de mesma fórmula molecular, quanto maior o número de ramificações, menor é a temperatura de ebulição da substância. Nos exemplos do quadro anterior, o pentano tem moléculas de cadeia carbônica maior, mais extensa, o que possibilita maior contato e interações entre elas.

Tipo de ligação intermolecular

Se substâncias moleculares cujas moléculas **que possuem tamanhos próximos** têm forças intermoleculares diferentes, apresenta maior ponto de ebulição a substância que possui a ligação intermolecular mais forte, pois tal interação exige maior fornecimento de energia para ser rompida.

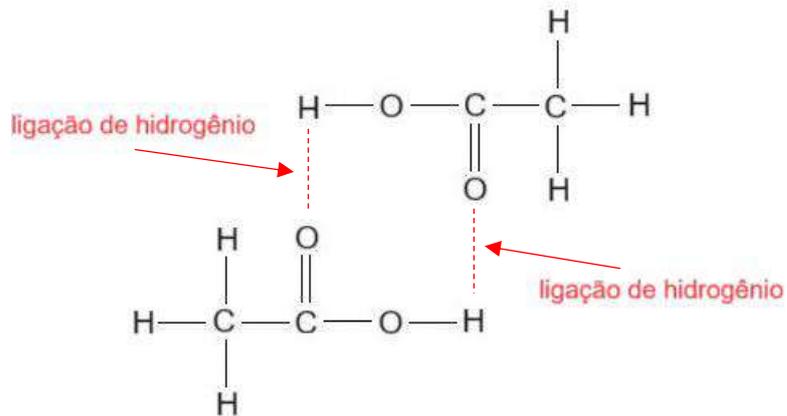
A ordem crescente das ligações intermoleculares é a seguinte:

Dipolo induzido-dipolo induzido < Dipolo-dipolo < Ligação de hidrogênio

Considere o quadro a seguir:

Fórmula estrutural plana	Ligação intermolecular	Temperatura de ebulição (°C) a 1 atm
$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $ <p>etano</p>	Dipolo induzido-dipolo induzido	-89,0
$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $ <p>etanal</p>	Dipolo-dipolo	20,2
$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $ <p>etanol</p>	Ligação de hidrogênio	78,4
$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $ <p>ácido etanoico</p>	Ligação de hidrogênio	118,0

Observe que as moléculas apresentadas no quadro possuem tamanhos próximos e ligações intermoleculares diferentes. As substâncias etanol e ácido etanoico possuem temperaturas de ebulição mais altas porque fazem a ligação intermolecular mais forte. A temperatura de ebulição do ácido etanoico é maior que a do etanol, porque cada duas moléculas do ácido podem fazer duas ligações de hidrogênio entre si, conforme a ilustração a seguir.



Agora, considere os exemplos:

Fórmula estrutural espacial	Temperatura de ebulição (°C) a 1 atm
$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{Cl} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{H} \end{array} $ <p>trans-1,2-dicloro-eteno</p>	<p>47,5</p>
$ \begin{array}{c} \text{Cl} \quad \text{Cl} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $ <p>cis-1,2-dicloro-eteno</p>	<p>60,3</p>

A temperatura de ebulição da substância trans-1,2-dicloro-eteno é menor porque as suas moléculas isômeras do tipo “trans” são apolares, enquanto que as suas moléculas do tipo “cis” são polares.

Solubilidade

A solubilidade das substâncias orgânicas em uma determinada temperatura e pressão depende da polaridade das suas moléculas e de suas interações intermoleculares.

Quando uma substância entra em contato com outra, ela pode ser dissolvida ou não. Uma **substância polar** tende a dissolver outra **substância polar**. Já uma **substância apolar** tende a dissolver **substância apolar**. Quando a dissolução é total, a mistura formada apresenta um único aspecto visual, ou seja, trata-se de uma **mistura homogênea**.

Quando uma substância polar é posta em contato com uma substância apolar, elas não tendem a se dissolver, e formam uma mistura com mais de um aspecto visual, ou seja, uma **mistura heterogênea**.

Petróleo e seus derivados (hidrocarbonetos), óleos, graxas e gorduras em geral, contêm substâncias apolares e, por isso, não tendem a se dissolver em água que é polar.

O etóxi-etano ou éter etílico tem baixa polaridade, logo ele costuma ser usado como solvente de substâncias orgânicas apolares.

Curiosidade

Algumas plantas não se molham, pois gotas de água rolam ao caírem sobre sua superfície carregando consigo a sujeira presente. É o chamado efeito lótus provocado pelo fato de suas folhas possuírem uma cera (apolar) que não possui afinidade pela água.

Moléculas que possuem uma parte polar e outra apolar, como as dos álcoois e detergentes são solúveis em solventes polares, como a água, e em apolares, como o óleo e a gasolina. A parte apolar deste tipo de molécula é

hidrofóbica (não possui afinidade pela água) e a parte polar é **hidrófila** (possui afinidade pela água).

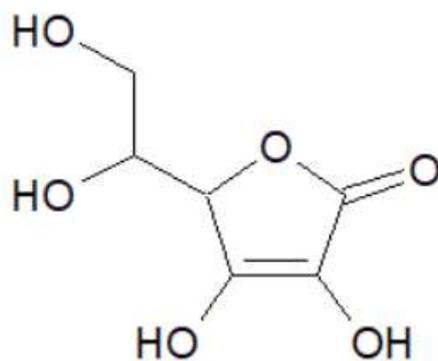
No caso de um álcool, a parte polar é a hidroxila e a parte apolar é a cadeia contendo os átomos de carbono. Tal fato possibilita, por exemplo, o etanol formar uma mistura homogênea com a gasolina. A gasolina é apolar e como o etanol também tem uma parte apolar em suas moléculas, ele pode ser dissolvido gasolina.

A solubilidade de um álcool em água depende do tamanho da parte que contém os átomos de carbono. Os álcoois que possuem até três átomos de carbono por molécula, são muito solúveis em água, possuem solubilidade infinita à 25 °C.

No caso dos outros álcoois, a sua solubilidade em água depende do tamanho de sua parte apolar, pois sua influência na dissolução passa a predominar sobre a da parte polar. Quanto maior a cadeia contendo os átomos de carbono dos álcoois com 4 ou mais átomos de carbono, menor é a sua solubilidade em água.

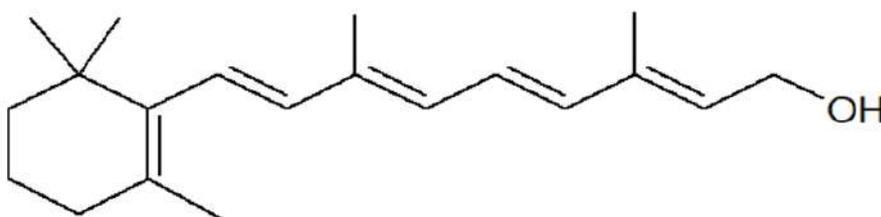
Conforme já estudamos no volume de Química Geral, na água líquida há ligações de hidrogênio entre suas moléculas. O fato de uma substância orgânica possuir moléculas que podem fazer ligações de hidrogênio com as moléculas de água contribui para a sua solubilização nesse solvente polar.

Por exemplo, a vitamina C é muito solúvel em água (solvente polar), devido à presença de muitas hidroxilas em sua molécula, possibilitando-a realizar muitas ligações de hidrogênio com as moléculas de água.



Estrutura da vitamina C.

A vitamina A dissolve bem em óleos e gorduras (solventes apolares), pois apesar de possuir uma hidroxila por molécula, a sua parte apolar (a cadeia de carbonos e hidrogênios) é grande, dificultando a sua solubilização em água.



Estrutura da vitamina A.

Uma substância solúvel em água é classificada como **hidrossolúvel**, enquanto que uma substância solúvel em óleos e gorduras é classificada como **lipossolúvel**. Portanto, a vitamina C é hidrossolúvel e a vitamina A é lipossolúvel.

Quando uma substância iônica (exemplo: sal orgânico) se dissolve em água, suas estruturas formam com as moléculas de água interações do tipo **íon-dipolo**, que são mais fortes que as ligações de hidrogênio.

Atenção!

Apesar de muitas substâncias se dissolverem em água, este solvente apresenta uma elevada **tensão superficial** que é a resistência oferecida por um líquido à penetração de um material. Esta característica se deve à presença de ligações de hidrogênio entre moléculas de água. As moléculas da superfície da água são continuamente atraídas para o interior do líquido pelas moléculas que estão ao lado ou abaixo. Como praticamente não há força contrária para anular esse efeito, as moléculas superficiais se aproximam, dando a impressão de haver uma fina lâmina elástica.

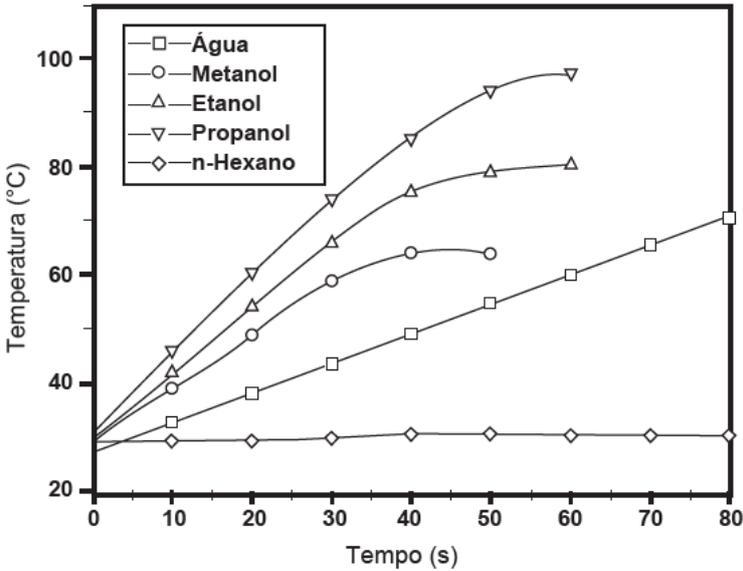
É a tensão superficial que faz com que uma gota tenha uma forma esférica e também possibilita certos insetos andarem sobre a água. Tais insetos possuem pelos revestidos por uma camada de gordura apolar que não rompe a tensão superficial da água, impedindo que eles afundem.

QUESTÕES DO ENEM – UNIDADE 8

Questões e imagens retiradas das provas disponibilizadas no *síte* do Inep (<http://www.inep.gov.br>).

1. (Enem 2016) O aquecimento de um material por irradiação com micro-ondas ocorre por causa da interação da onda eletromagnética com o dipolo elétrico da molécula. Um importante atributo do aquecimento por micro-ondas é a absorção direta da energia pelo material a ser aquecido. Assim, esse aquecimento é seletivo e dependerá, principalmente, da constante dielétrica e da frequência de relaxação do material.

O gráfico mostra a taxa de aquecimento de cinco solventes sob irradiação de micro-ondas.



BARBOZA, A. C. R. N. et al. Aquecimento em forno de micro-ondas. Desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. *Química Nova*, n. 6, 2001 (adaptado).

No gráfico, qual solvente apresenta taxa média de aquecimento mais próxima de zero, no intervalo de 0 s a 40 s?

- A) H₂O
- B) CH₃OH
- C) CH₃CH₂OH
- D) CH₃CH₂CH₂OH
- E) CH₃CH₂CH₂CH₂CH₂CH₃

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

Fração	Faixa de temperatura (°C)	Exemplos de produto(s)	Número de átomos de carbono (hidrocarboneto de fórmula geral C_nH_{2n+2})
1	Até 20	Gás natural e gás de cozinha (GLP)	C_1 a C_4
2	30 a 180	Gasolina	C_6 a C_{12}
3	170 a 290	Querosene	C_{11} a C_{16}
4	260 a 350	Óleo diesel	C_{14} a C_{18}

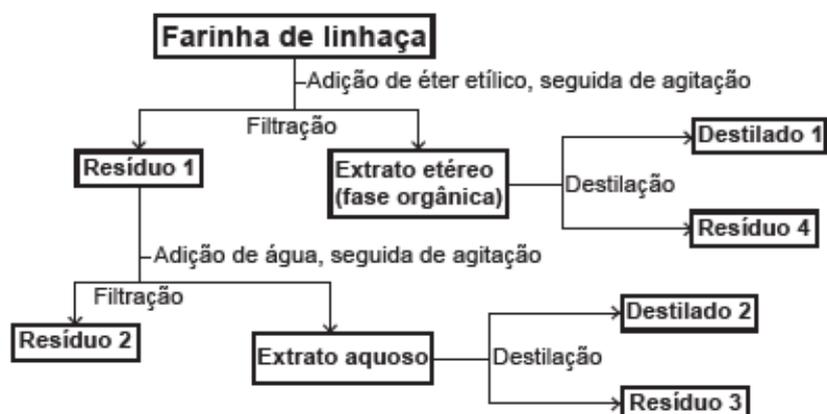
SANTA MARIA, L. C. et al. Petróleo: um tema para o ensino de química. **Química Nova na Escola**, n. 15, maio 2002 (adaptado).

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

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

3. (Enem 2017) A farinha de linhaça dourada é um produto natural que oferece grandes benefícios para o nosso organismo. A maior parte dos nutrientes da linhaça encontra-se no óleo desta semente, rico em substâncias lipossolúveis com massas moleculares elevadas. A farinha também apresenta altos teores de fibras proteicas insolúveis em água, celulose, vitaminas lipossolúveis e sais minerais hidrossolúveis.

Considere o esquema, que resume um processo de separação dos componentes principais da linhaça dourada.



O óleo de linhaça será obtido na extração

- A) Destilado 1.
- B) Destilado 2.
- C) Resíduo 2.
- D) Resíduo 3.
- E) Resíduo 4.

4. (Enem 2016) O carvão ativado é um material que possui elevado teor de carbono, sendo muito utilizado para a remoção de compostos orgânicos voláteis do meio, como o benzeno. Para a remoção desses compostos, utiliza-se a adsorção. Esse fenômeno ocorre por meio de interações do tipo intermoleculares entre a superfície do carvão (adsorvente) e o benzeno (adsorvato, substância adsorvida). No caso apresentado, entre o adsorvente e a substância adsorvida ocorre a formação de:

- A) Ligações dissulfeto.
- B) Ligações covalentes.
- C) Ligações de hidrogênio.
- D) Interações dipolo induzido – dipolo induzido.
- E) Interações dipolo permanente – dipolo permanente.

5. (Enem 2016) Adicionar quantidades de álcool à gasolina, diferentes daquelas determinadas pela legislação, é uma das formas de adulterá-la. Um teste simples para aferir a quantidade de álcool presente na mistura consiste em adicionar uma solução salina aquosa à amostra de gasolina sob análise.

Essa metodologia de análise pode ser usada porque o (a)

A) água da solução salina interage com a gasolina da mistura, formando duas fases, uma delas de álcool puro.

B) álcool contido na gasolina interage com a solução salina, formando duas fases, uma delas de gasolina pura.

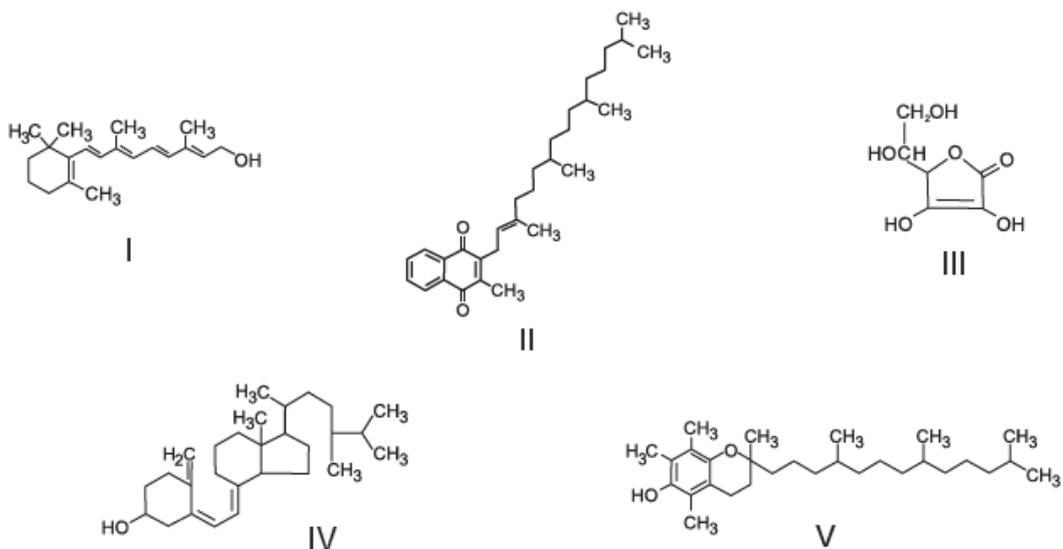
C) gasolina da mistura sob análise interage com a solução salina, formando duas fases, uma delas de álcool puro.

D) água da solução salina interage com o álcool da mistura, formando duas fases, uma delas de gasolina com o sal.

E) álcool contido na gasolina interage com o sal da solução salina, formando duas fases, uma delas de gasolina mais água.

6. (Enem 2012) O armazenamento de certas vitaminas no organismo apresenta grande dependência de sua solubilidade.

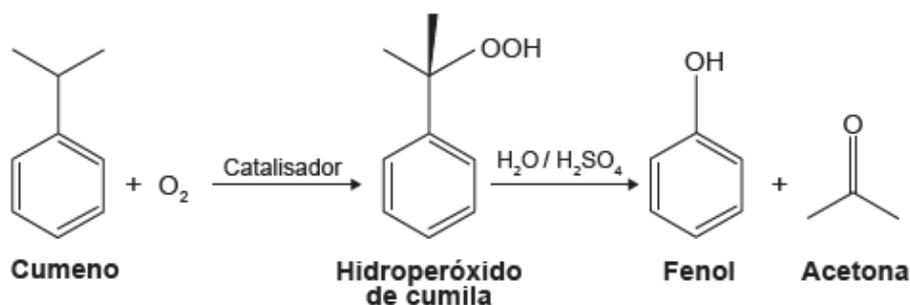
Por exemplo, vitaminas hidrossolúveis devem ser incluídas na dieta diária, enquanto vitaminas lipossolúveis são armazenadas em quantidades suficientes para evitar doenças causadas pela sua carência. A seguir são apresentadas as estruturas químicas de cinco vitaminas necessárias ao organismo.



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

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

7. (Enem 2014) 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.

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

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

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

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

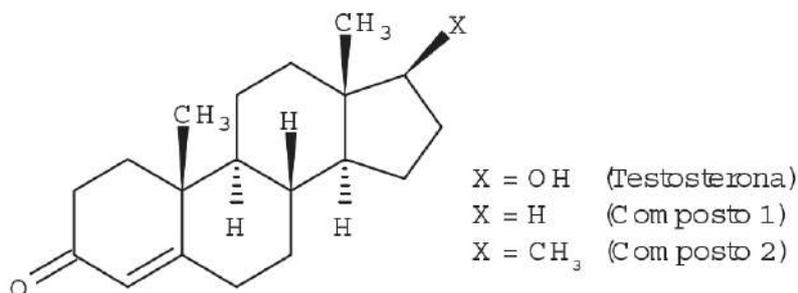
Como funciona o gás de pimenta. Disponível em: <http://pessoas.hsw.uol.com.br>.

Acesso em: 1 mar. 2012 (adaptado).

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

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

10. (Enem 2016) A lipofilia é um dos fatores fundamentais para o planejamento de um fármaco. Ela mede o grau de afinidade que a substância tem com ambientes apolares, podendo ser avaliada por seu coeficiente de partição.



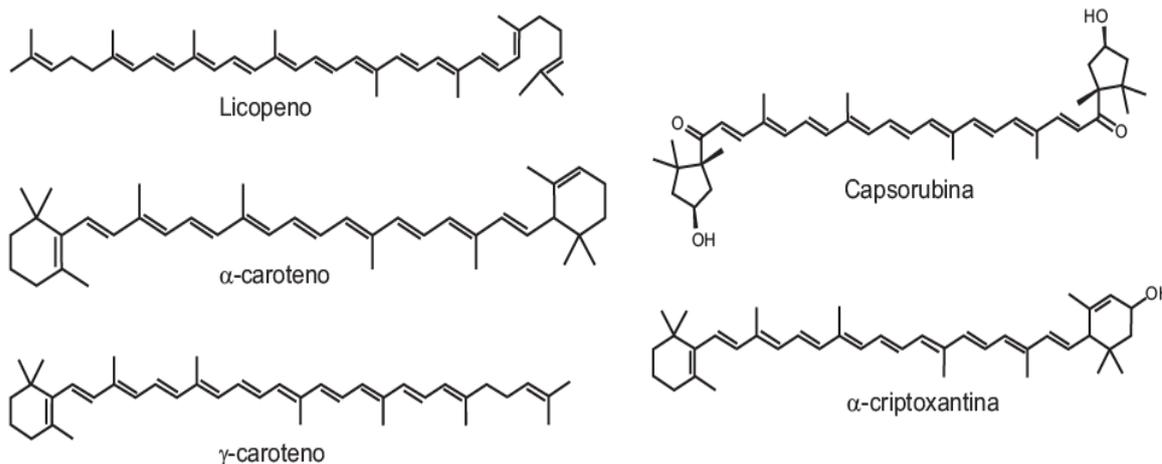
NOGUEIRA, L. J.; MONTANARI, C. A.; DONNICI, C. L. Histórico da evolução da química medicinal e a importância da lipofilia: de Hipócrates e Galeno a Paracelsus e as contribuições de Overton e de Hansch. *Revista Virtual de Química*, n. 3, 2009 (adaptado).

Em relação ao coeficiente de partição da testosterona, as lipofilias dos compostos 1 e 2 são, respectivamente,

- A) menor e menor que a lipofilia da testosterona.
- B) menor e maior que a lipofilia da testosterona.
- C) maior e menor que a lipofilia da testosterona.
- D) maior e maior que a lipofilia da testosterona.
- E) menor e igual à lipofilia da testosterona.

11. (Enem 2017) A cromatografia em papel é um método de separação que se baseia na migração diferencial dos componentes de uma mistura entre duas fases imiscíveis. Os componentes da amostra são separados entre a fase estacionária e a fase móvel em movimento no papel. A fase estacionária consiste de celulose praticamente pura, que pode absorver até 22% de água. É a água absorvida que funciona como fase estacionária líquida e que interage com a fase móvel, também líquida (partição líquido-líquido). Os componentes capazes de formar interações intermoleculares mais fortes com a fase estacionária migram mais lentamente.

Uma mistura de hexano com 5% v/v de acetona foi utilizada como fase móvel na separação dos componentes de um extrato vegetal obtido a partir de pimentões. Considere que esse extrato contém as substâncias representadas.



RIBEIRO, N. M.; NUNES, C. R. Análise de pigmentos de pimentões por cromatografia em papel. *Química Nova na Escola*, n. 29, ago. 2008 (adaptado).

A substância presente na mistura que migra mais lentamente é o(a)

- A) licopeno.
- B) α-caroteno
- C) γ - caroteno
- D) capsorubina.
- E) α-criptoxantina.

12. (Enem 2020) Em seu laboratório, um técnico em química foi incumbido de tratar um resíduo, evitando seu descarte direto no meio ambiente. Ao encontrar o frasco, observou a seguinte informação: “Resíduo: mistura de acetato de etila e água”.

Considere os dados do acetato de etila:

- Baixa solubilidade em água;
- Massa específica = $0,9 \text{ g cm}^{-3}$;
- Temperatura de fusão = $-83 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Pressão de vapor maior que a da água.

A fim de tratar o resíduo, recuperando o acetato de etila, o técnico deve

- A) evaporar o acetato de etila sem alterar o conteúdo de água.
- B) filtrar a mistura utilizando um funil comum e um papel de filtro.
- C) realizar uma destilação simples para separar a água do acetato de etila.
- D) proceder a uma centrifugação da mistura para remover o acetato de etila.
- E) decantar a mistura separando os dois componentes em um funil adequado.

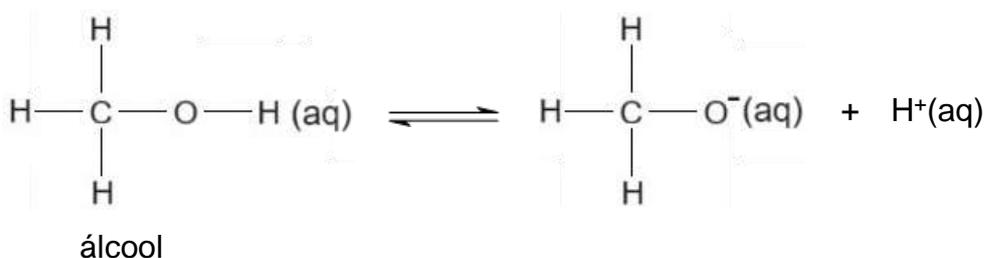
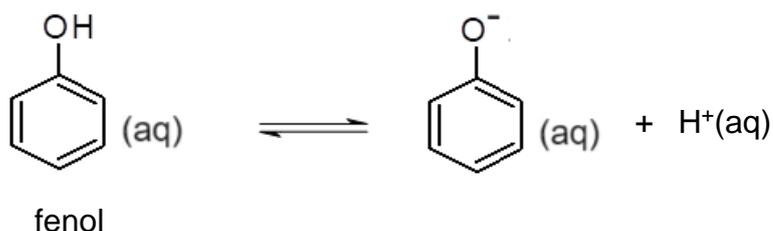
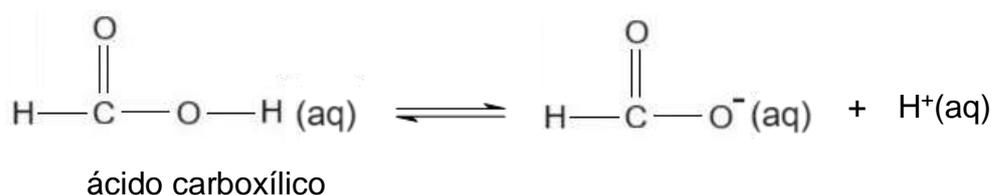
UNIDADE 9

ACIDEZ E BASICIDADE DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS

Acidez de substâncias orgânicas

Segundo Svante Arrhenius (1859-1927), ácido é uma substância que ao se dissolver em água libera um ou mais íons H⁺. Dentre as substâncias orgânicas que apresentam caráter ácido, as mais importantes são os ácidos carboxílicos, os fenóis e os álcoois.

Observe alguns exemplos de equações químicas de ionização de substâncias orgânicas de caráter ácido em presença de água:



A ordem crescente de acidez de tais funções orgânicas é:



A água também tem tendência pequena de liberar H⁺, ou seja, bem poucas moléculas dessa substância se transformam em H⁺ e OH⁻. Os álcoois possuem

uma tendência menor que a água em liberar H^+ , ou seja, sua acidez é menor que a da água.

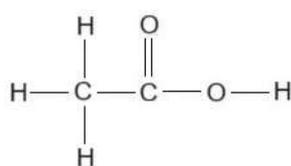
No caso de ácidos carboxílicos, a sua acidez depende do grupo ou elemento químico ligado à carboxila.

• **Grupo ou elemento atrator de elétrons** (exemplos: **-F, -Br, -I, -Cl, -NO₂, -OH**): atrai os elétrons de ligação na hidroxila, facilita a liberação do H^+ e **aumenta a acidez** da substância.

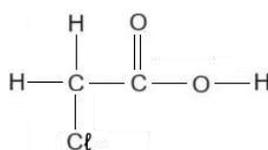
Quanto mais próximo da carboxila estiver o elemento ou grupo atrator de elétrons, maior é a acidez da substância.

A presença de mais de um grupo ou elemento atrator de elétrons aumenta ainda mais a acidez da substância.

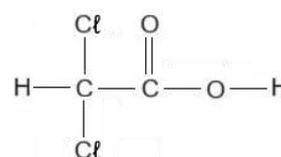
Exemplo:



I



II



III

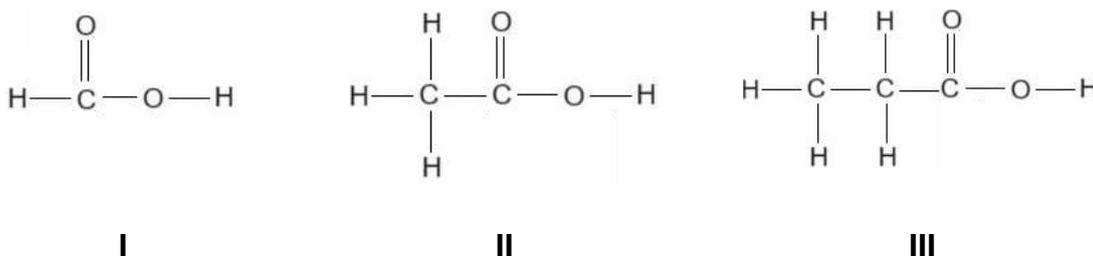
A ordem crescente de acidez das substâncias acima é:



A substituição de um átomo de hidrogênio da substância I pelo cloro (elemento atrator de elétrons) provoca um aumento de acidez, tornando a substância II mais ácida que a I. A introdução de mais um átomo de cloro faz com que a substância III seja ainda mais ácida que a substância II.

• **Grupo ou elemento doador de elétrons** (exemplos: **-H**, **-CH₃**, **-CH₂-CH₃** ou **qualquer grupo substituinte de hidrocarboneto**): fortalece a ligação na hidroxila, dificulta a liberação do H⁺ e **diminui a acidez** da substância.

Exemplo:



A ordem crescente de acidez dos ácidos acima é:



A substituição de um átomo de hidrogênio da substância **I** pelo grupo metil que é doador de elétrons provoca uma diminuição de acidez, logo a substância **II** é menos ácida que a substância **I**. A acidez diminui ainda mais com a substituição de um átomo de hidrogênio da substância **I** pelo grupo etil, formando a substância **III**. Conclui-se que quanto maior a cadeia carbônica ligada à carboxila, menor é a acidez do ácido carboxílico.

Basicidade de substâncias orgânicas

Base é uma substância que ao se dissolver em água libera um ou mais íons OH⁻.

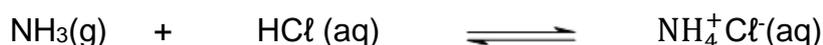
Apesar da amônia (NH₃) não ter o grupo hidroxila em sua fórmula, ela possui caráter básico porque ao reagir com água também libera hidroxila (OH⁻):



A reação ocorre devido à presença de um par de elétrons não ligantes na última camada eletrônica do átomo de nitrogênio da amônia que é utilizado para fazer 1 ligação covalente dativa com o cátion H^+ proveniente da água.

Como a amônia tem caráter alcalino, ela reage com ácido e forma um sal.

Exemplo:



Amina é uma substância orgânica formada pela substituição de 1 ou mais hidrogênios da amônia por grupo(s) orgânico(s) substituinte(s). Ela também apresenta caráter básico (ou alcalino), logo reage com ácidos para formar sal.

Exemplo:

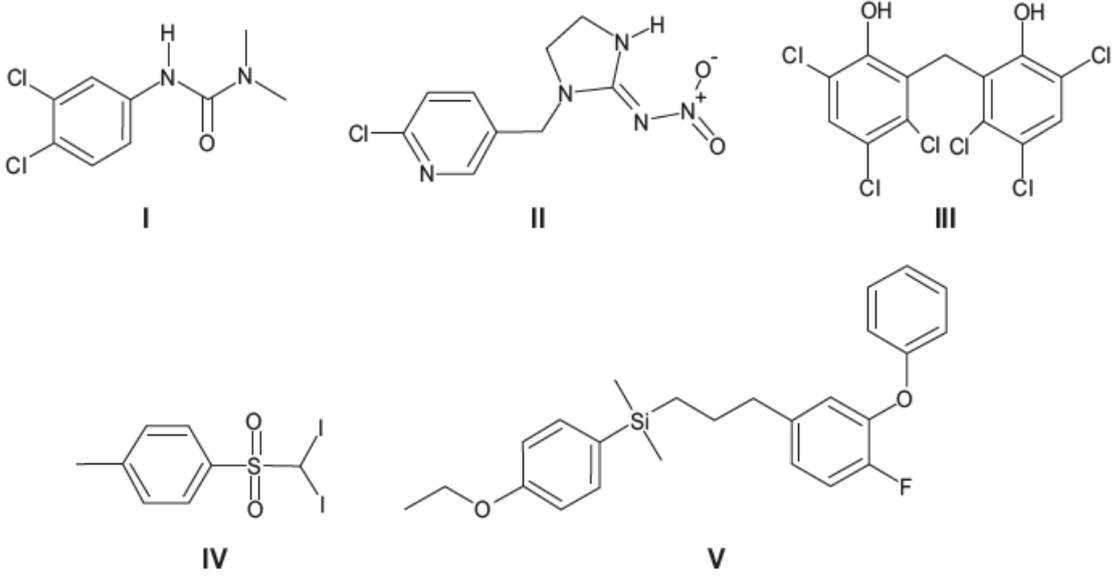


Um ácido pode ser utilizado para eliminar o odor desagradável de uma amina, pois a reação entre tais substâncias produz um sal que é inodoro.

QUESTÕES DO ENEM – UNIDADE 9

Questões e imagens retiradas das provas disponibilizadas no *síte* do Inep (<http://www.inep.gov.br>).

1. (Enem 2021) As águas subterrâneas têm sido contaminadas pelo uso de pesticidas na agricultura. Entre as várias substâncias usualmente encontradas, algumas são apresentadas na figura. A distinção dessas substâncias pode ser feita por meio de uma análise química quantitativa, ou seja, determinando sua presença mediante a adição de um reagente específico. O hidróxido de sódio é capaz de identificar a presença de um desses pesticidas pela reação ácido-base de Brönsted-Lowry.



O teste positivo será observado com o pesticida

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

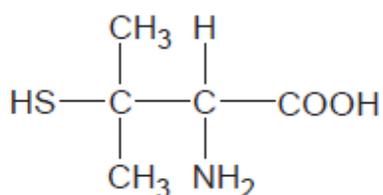
2. (Enem 2014) Grande quantidade dos maus odores do nosso dia a dia está relacionada a compostos alcalinos. Assim, em vários desses casos, pode-se utilizar o vinagre, que contém entre 3,5% e 5% de ácido acético, para diminuir ou eliminar o mau cheiro. Por exemplo, lavar as mãos com vinagre e depois enxaguá-las com água elimina o odor de peixe, já que a molécula de piridina (C_5H_5N) 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.

3. (Enem 2022) A penicilamina é um medicamento de uso oral utilizado no tratamento de várias doenças. Esse composto é excretado na urina, cujo pH se situa entre 5 e 7. A penicilamina, cuja fórmula estrutural plana está apresentada, possui três grupos funcionais que podem ser ionizados:



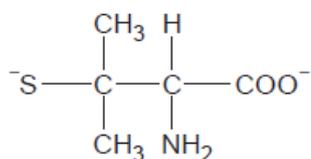
Penicilamina

- carboxila: —COOH, cujo pKa é igual a 1,8;
- amino: —NH₂, que pode ser convertido em amínio (—NH₃⁺, cujo pKa é igual a 7,9);
- tiol: —SH, cujo pKa é igual a 10,5.

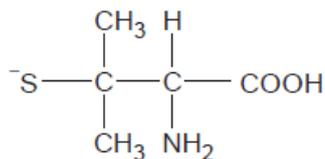
Sabe-se que pKa = -log Ka.

Qual estrutura derivada da penicilamina é predominantemente encontrada na urina?

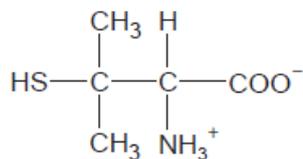
A)



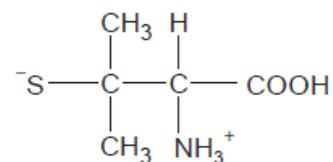
B)



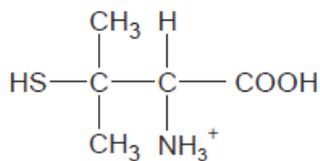
C)



D)



E)



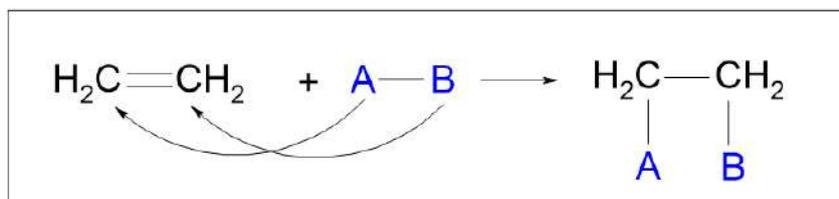
UNIDADE 10

REAÇÕES DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS

Reações de adição

As reações de adição são características de substâncias orgânicas que possuem ligações insaturadas, mas também podem ocorrer reações de adição em certas substâncias cíclicas saturadas.

Considere, como exemplo, a representação de uma reação de adição:



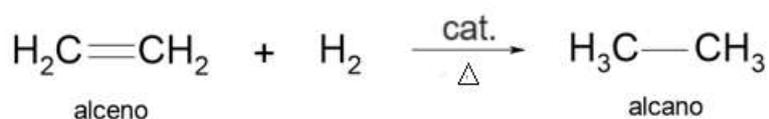
Na generalização acima, A e B podem ser átomos de elementos químicos iguais ou diferentes. A ligação dupla é composta por uma ligação sigma (σ) e uma ligação pi (π). Como a ligação π é mais fraca que a ligação σ , ela pode ser rompida com mais facilidade, permitindo a adição de átomos ou grupo de átomos aos carbonos que possuem a dupla ligação.

A seguir, serão apresentadas as principais reações de adição.

Hidrogenação catalítica

Trata-se da reação de uma substância orgânica insaturada com o gás hidrogênio (H_2) sob a ação de catalisador (representado por “cat.” sobre a seta da equação química), que pode ser níquel (Ni), paládio (Pd) ou platina (Pt).

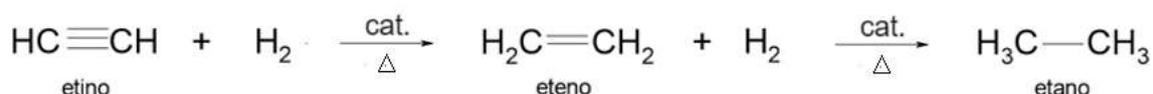
Exemplo:



A reação de adição de hidrogênio a alkenos é empregada na produção de margarinas a partir de óleos vegetais.

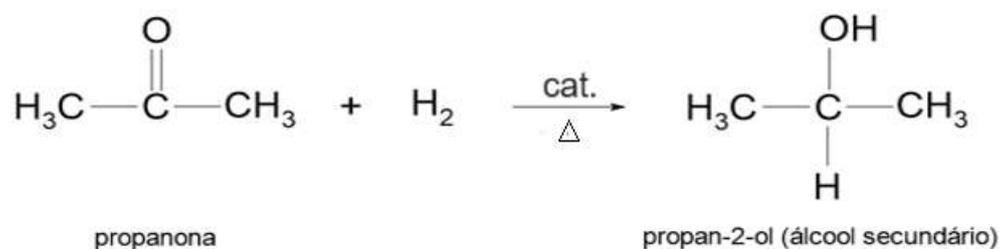
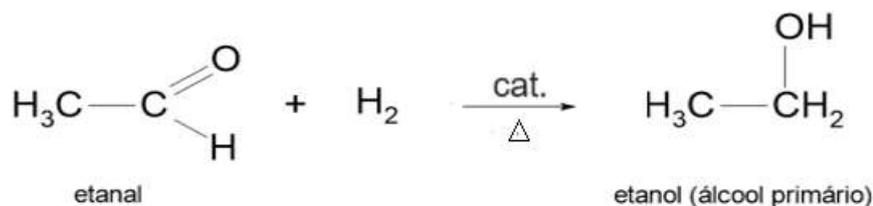
A hidrogenação de um alcino ocorre em duas etapas: primeiro se forma um alceno e, em seguida, um alcano.

Exemplo:



Os aldeídos e as cetonas são substâncias muito reativas devido ao grupo funcional carbonila. Em sua hidrogenação, pode ser obtido álcool primário, quando a substância orgânica reagente é um aldeído, e álcool secundário quando a substância orgânica reagente é uma cetona. Neste caso, quando a ligação π é rompida, um átomo de hidrogênio se liga ao oxigênio, formando uma hidroxila (-OH), e o outro átomo de hidrogênio se liga ao carbono que possui a hidroxila.

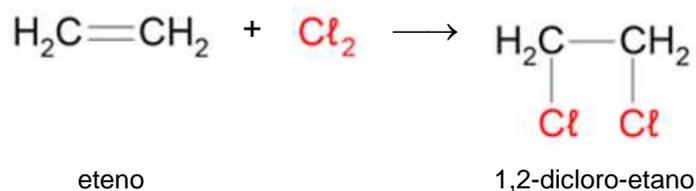
Exemplos:



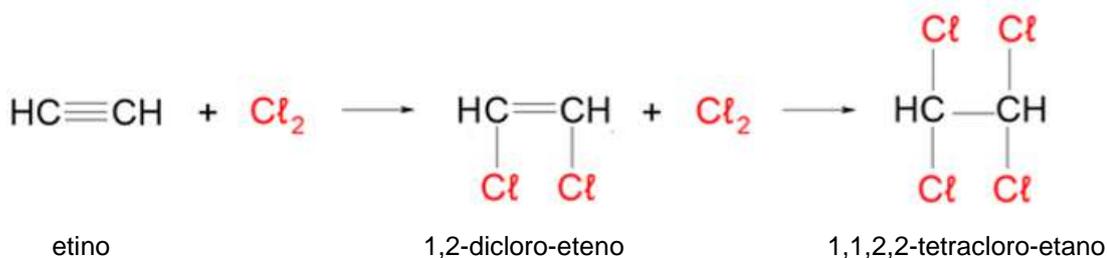
Halogenação

Na halogenação de um alceno, os átomos de halogênio presentes numa substância simples ligam-se aos átomos de carbono que participam da insaturação. Neste processo, a ligação π se rompe e ocorre a adição dos átomos de halogênio aos carbonos, produzindo um di-haleto vicinal. A reação ocorre rapidamente, não sendo necessários catalisador e aquecimento.

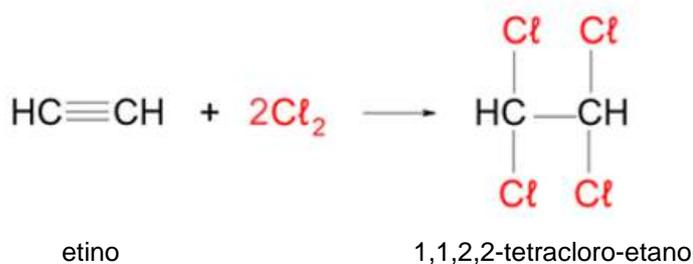
Exemplo:



A reação de um alcino ocorre em etapas, caso haja halogênio em quantidade suficiente.



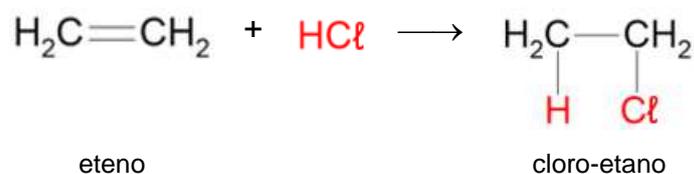
ou simplifadamente:



Adição de haleto hidrogenado

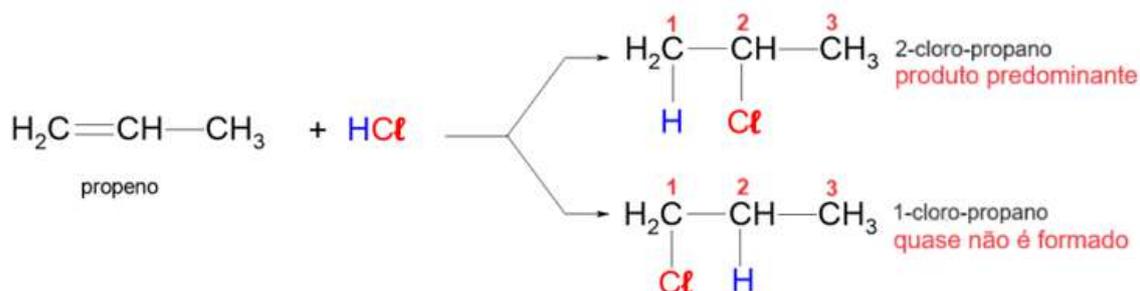
Neste tipo de reação, os átomos presentes em haletos hidrogenados (HCl, HBr, HI) ligam-se aos átomos de carbono insaturados após o rompimento da insaturação. A ligação π se rompe e ocorre a adição dos átomos de hidrogênio e de halogênio aos carbonos, produzindo um haleto.

Exemplo:



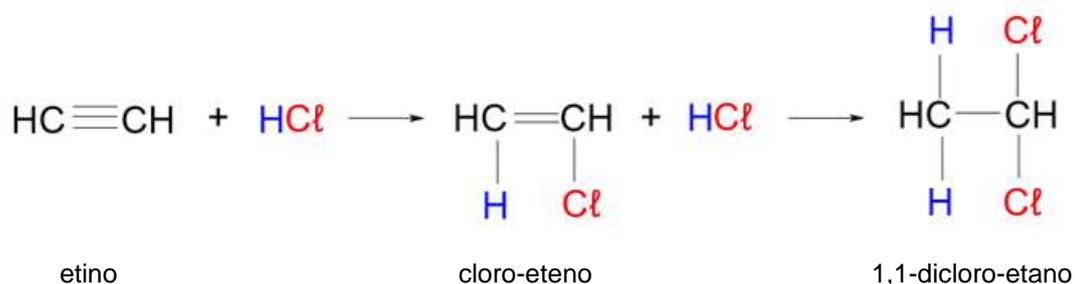
Em alcenos com mais de 2 átomos de carbono, observa-se, que nas reações de adição de haletos hidrogenados, o hidrogênio se liga preferencialmente ao carbono mais hidrogenado. Esta é a **Regra de Markovnikov**, formulada pelo químico russo Vladimir Vasilevich Markovnikov (1838-1904) em 1869.

Exemplo:

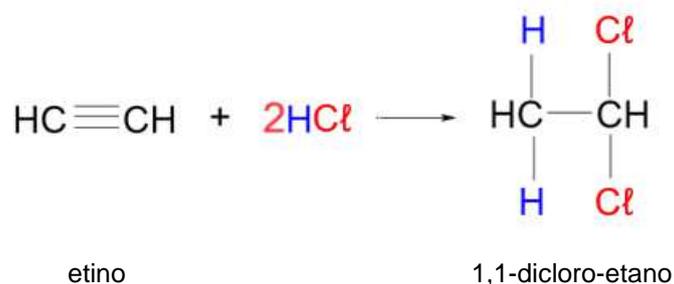


No caso de adição de haleto halogenado a um alcino, a reação ocorre em duas etapas. Na primeira etapa, ocorre o rompimento de uma ligação π , provocando a ligação de um átomo de hidrogênio e outro de halogênio nos carbonos que ficaram com falta de ligação. Se houver quantidade suficiente de haleto hidrogenado, a outra ligação π se rompe para a adição de mais um átomo de hidrogênio e outro de halogênio.

Exemplo:



ou simplificadamente:

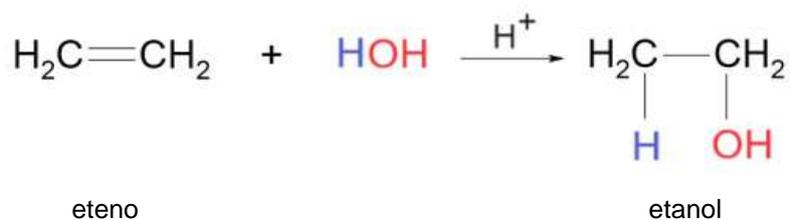


Observe que, na segunda adição de HCl, o hidrogênio ligou-se ao carbono mais hidrogenado, conforme a regra de Markovnikov.

Adição de água

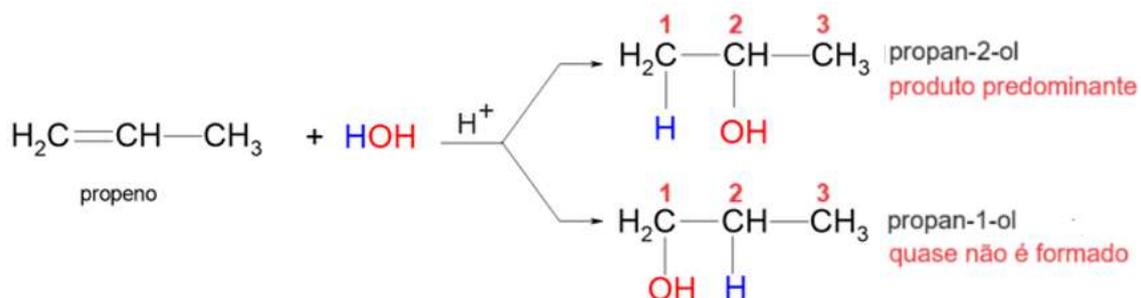
A adição de água a um alceno sob catálise ácida conduz à formação de um álcool.

Exemplo:



Em alcenos com mais de 2 carbonos, a adição de água segue a Regra de Markovnikov, ou seja, o hidrogênio se liga ao átomo de carbono mais hidrogenado e a hidroxila se liga ao carbono menos hidrogenado.

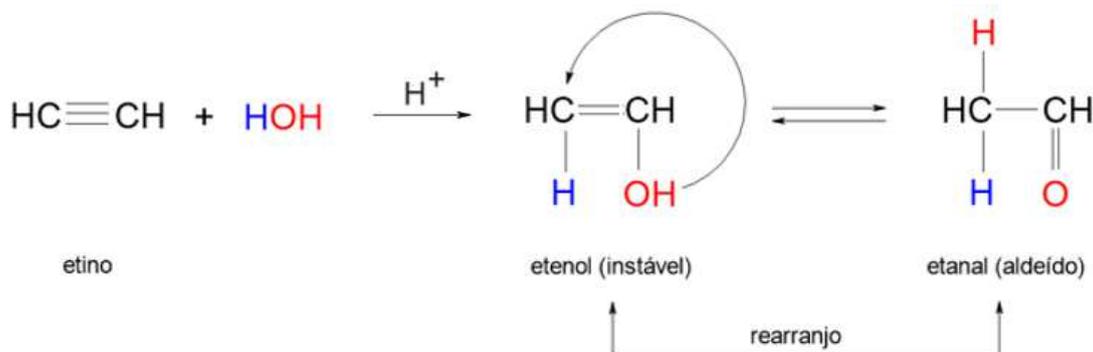
Exemplo:



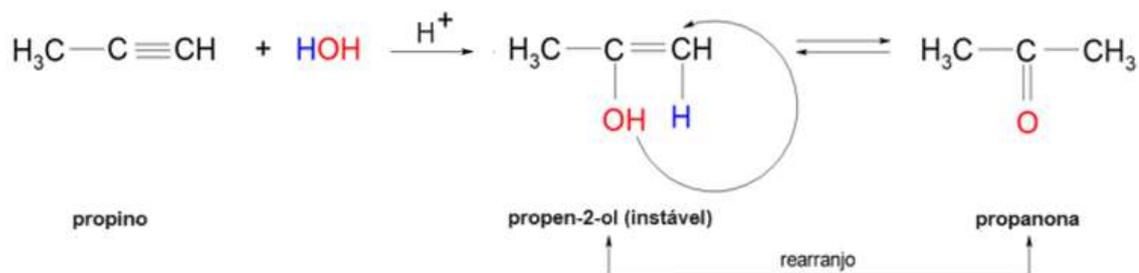
Na adição de água a um alcino, forma-se, inicialmente, uma substância intermediária classificada como enol. Os enóis são substâncias instáveis que sofrem rearranjo formando aldeídos ou cetonas, de acordo com a posição do átomo de carbono da insaturação ligado ao grupo OH. Parte das moléculas de aldeído ou cetona formam o enol novamente, gerando um equilíbrio dinâmico entre as moléculas de enol e de aldeído (equilíbrio aldo-enólico) ou entre as moléculas de enol e de cetona (equilíbrio ceto-enólico) presentes. No equilíbrio, há maior quantidade do aldeído ou da cetona.

Exemplos:

- **Hidratação do etino:** produção de aldeído



- **Hidratação do propino:** produção de cetona (ocorre segundo a Regra de Markovnikov).



Reações de substituição

Numa reação de substituição, um átomo ou grupo de átomos de uma molécula orgânica é substituído por outro átomo ou grupo de átomos. De modo geral, a reação ocorre conforme o seguinte esquema:



Nesta representação, R é um grupo orgânico e X é o grupo que será substituído por Y.

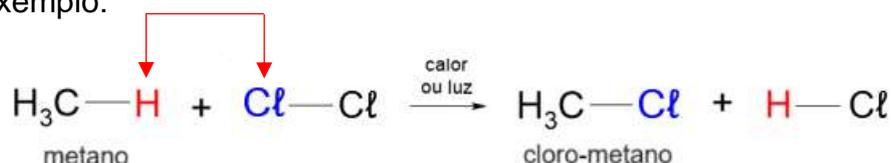
Substituição em alcanos

Neste tipo de reação, ocorre a substituição de um ou mais átomos de hidrogênio de um alcano por átomos de outros elementos químicos ou por grupos orgânicos.

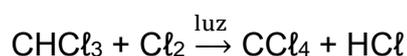
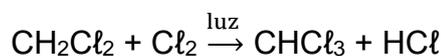
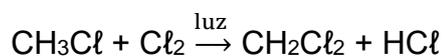
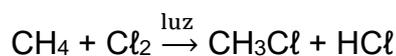
Halogenação

Um alcano é pouco reativo, porém quando ele está sob ação de luz com frequência específica ou calor e entra em contato com uma substância simples de halogênio, ocorre uma reação de substituição em que um átomo de halogênio troca de lugar com um átomo de hidrogênio do alcano.

Exemplo:



Quando o metano reage com excesso de Cl_2 , podem ocorrer outras substituições:



Na formação do produto principal, a preferência de substituição do hidrogênio é a seguinte:

H ligado a C terciário > H ligado a C secundário > H ligado a C primário

A ordem decrescente de reatividade das substâncias simples de halogênios é:

$\text{F}_2 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$

A reação com o flúor pode ser explosiva, enquanto a reação com o I_2 é bastante lenta.

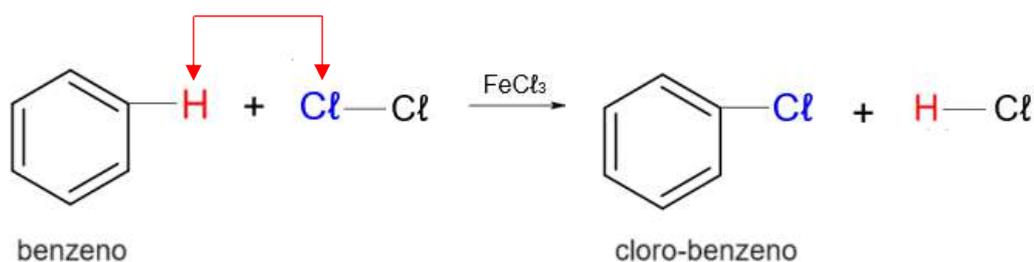
Substituição no benzeno

As reações de substituição no benzeno ocorrem quando um ou mais átomos de hidrogênio do anel são substituídos por outros átomos ou grupos de átomos, mantendo as duplas ligações do anel aromático.

Halogenação

Na reação do benzeno com uma substância simples halogenada em presença de catalisador, há a substituição de um dos hidrogênios do benzeno por um átomo de halogênio.

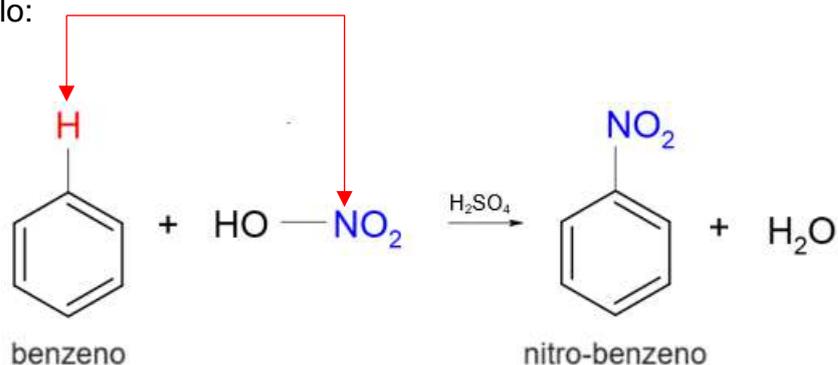
Exemplo:



Nitração

Consiste na reação do benzeno com ácido nítrico (HNO₃) catalisada pelo ácido sulfúrico (H₂SO₄). Representando o ácido nítrico por HO-NO₂, o grupo -NO₂ deste ácido troca de lugar com um átomo de hidrogênio do benzeno.

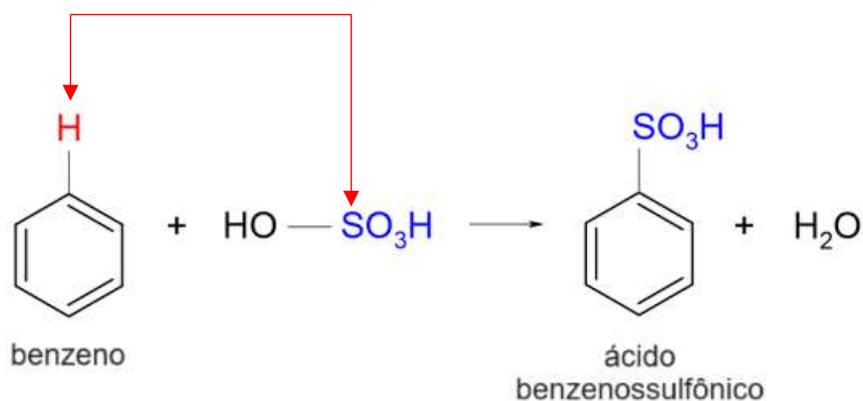
Exemplo:



Sulfonação

Consiste na reação do benzeno com ácido sulfúrico (H₂SO₄) fumegante. Representando o ácido sulfúrico por HO-SO₃H, o grupo -SO₃H deste ácido troca de lugar com um átomo de hidrogênio do benzeno.

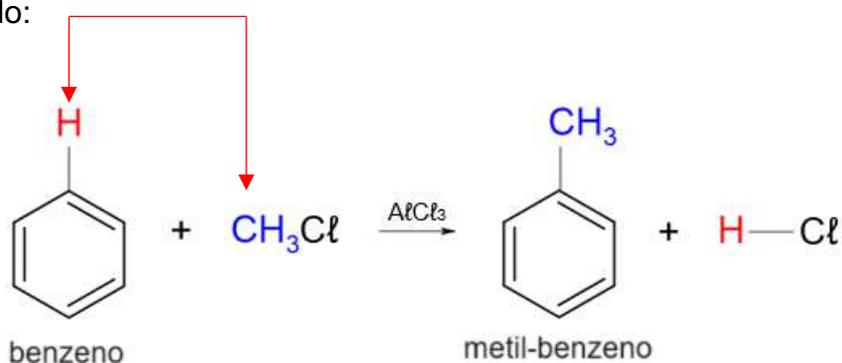
Exemplo:



Alquilação de Friedel-Crafts

Neste tipo de reação, um dos hidrogênios do benzeno é substituído por um grupo orgânico proveniente de um haleto orgânico em presença de catalisador.

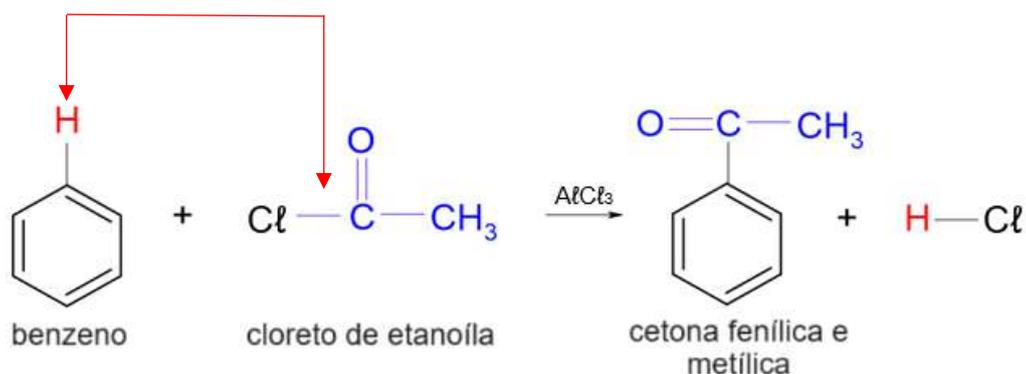
Exemplo:



Acilação de Friedel-Crafts

Consiste na reação do benzeno com um haleto de ácido sob a ação de catalisador, levando à formação de cetona aromática e um ácido inorgânico.

Exemplo:



Substituição em derivados do benzeno

Tais reações podem ser influenciadas pelo tipo de grupo funcional presente na estrutura benzênica. Alguns grupos favorecem as reações de substituição nas posições 3 e 5 enquanto outros grupos favorecem as substituições nas posições 2, 4 e 6 do anel benzênico.

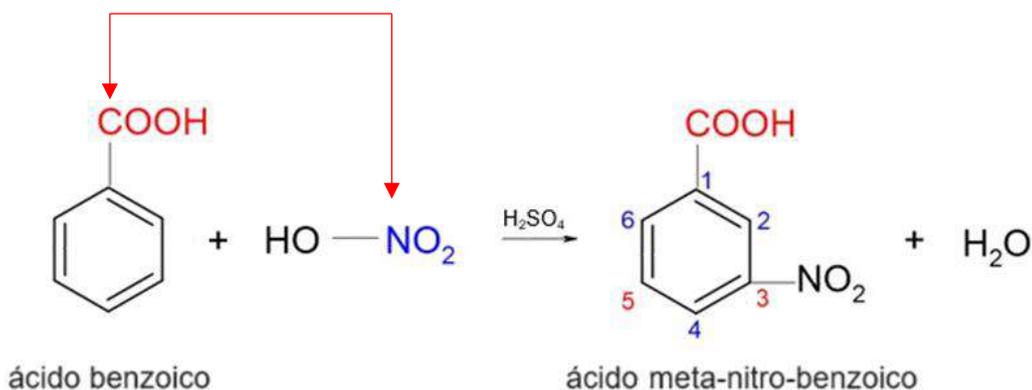
Vejamos a seguir os principais grupos e suas influências nas reações de substituição:

Derivado do benzeno com um grupo meta-dirigente

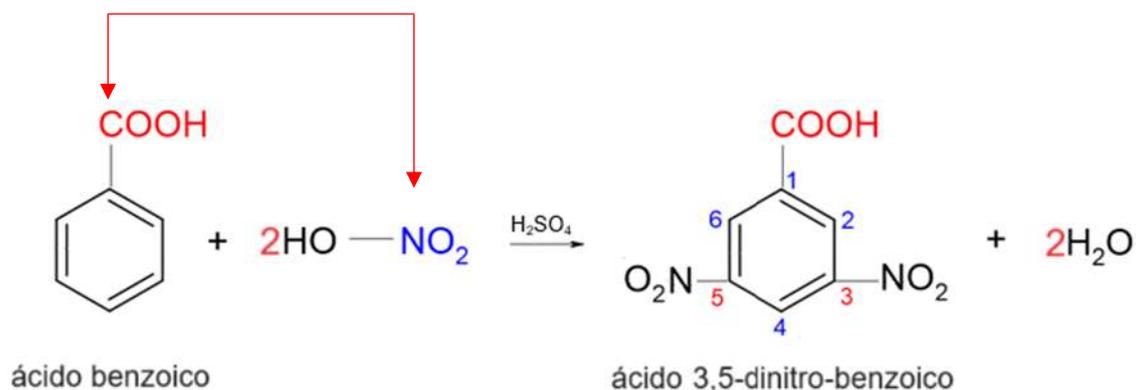
Os grupos $-NO_2$, $-CN$, $-COH$, $-COOH$ e $-SO_3H$ são grupos meta-dirigentes, pois eles orientam a entrada de um segundo grupo substituinte nas posições 3 e 5 do anel benzênico. Tais grupos têm como característica apresentarem pelo menos uma ligação dupla, tripla ou dativa em sua estrutura.

Exemplos:

A reação de uma molécula de ácido benzoico com uma molécula de ácido nítrico produz o ácido meta-nitro-benzoico, pois o grupo carboxila (-COOH) presente no ácido benzoico é um orientador meta.



Se a reação ocorrer na proporção de uma molécula de ácido benzoico com duas moléculas de ácido nítrico, forma-se o ácido 3,5-dinitro-benzoico.

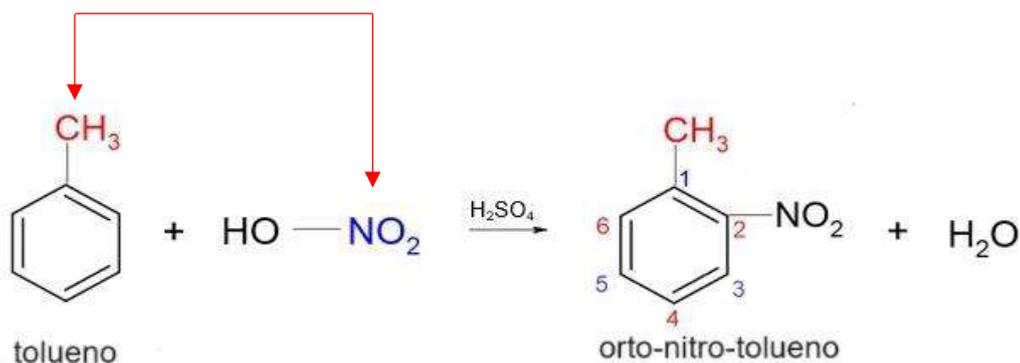


Derivado do benzeno com um grupo orto-para-dirigente

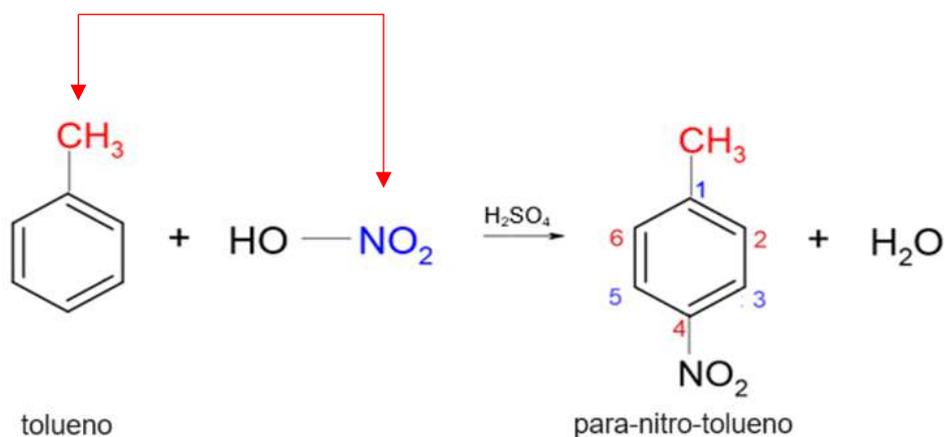
Os grupos -CH₃, -OH, -NH₂, -CH₂CH₃, -Cl, -Br, orientam a entrada de um segundo grupo nas posições 2, 4 e 6 do anel benzênico. Observe que tais grupos não possuem ligação dupla, tripla ou dativa.

Exemplos:

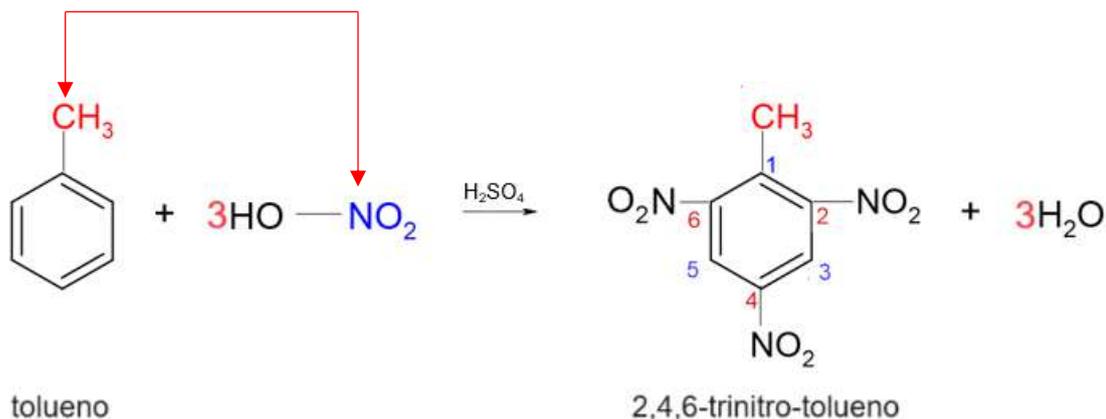
A reação de uma molécula de metil-benzeno (ou tolueno) com uma molécula de ácido nítrico pode produzir o orto-nitro-tolueno ou o para-nitro-tolueno, pois o grupo metil (-CH₃) presente no tolueno é um orientador orto-para.



ou



A reação de uma molécula de metil-benzeno (ou tolueno) com três moléculas de ácido nítrico, ocorre a nitração total do tolueno, produzindo o 2,4,6-trinitro-tolueno.



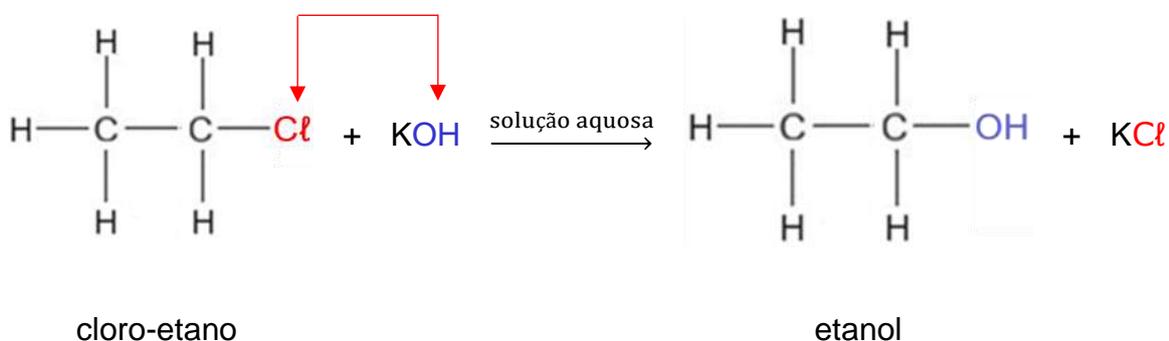
Substituição em derivados halogenados

A partir dos haletos orgânicos possuem elevada reatividade e os produtos obtidos a partir de suas reações de substituição são destinados à fabricação de medicamentos, cosméticos, corantes etc.

Reação de haleto orgânico com KOH em meio aquoso

Consiste na reação de um haleto orgânico com hidróxido de potássio (KOH) em solução aquosa. Essa reação produz um álcool e um sal inorgânico.

Exemplo:



Reações de oxidação

A reação de oxidação de substância orgânica é responsável, por exemplo, pelo escurecimento das frutas que, após serem cortadas ou amassadas, em contato com o ar, começam a escurecer. Esse processo também é responsável pela transformação do vinho, que quando aberto e não consumido em um tempo curto, tende a se transformar em vinagre.

Numa reação deste tipo, um átomo de carbono de uma molécula orgânica sofre oxidação, ou seja, seu número de oxidação (Nox) sofre um aumento de valor.

Oxidação enérgica de álcoois

Para ocorrer oxidação enérgica de um álcool é necessário que o meio reacional seja aquecido e que se use como agente oxidante permanganato de potássio (KMnO_4) ou dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) concentrados e em meio ácido. Para representar a oxidação enérgica, usaremos [O] sobre a seta da equação química.

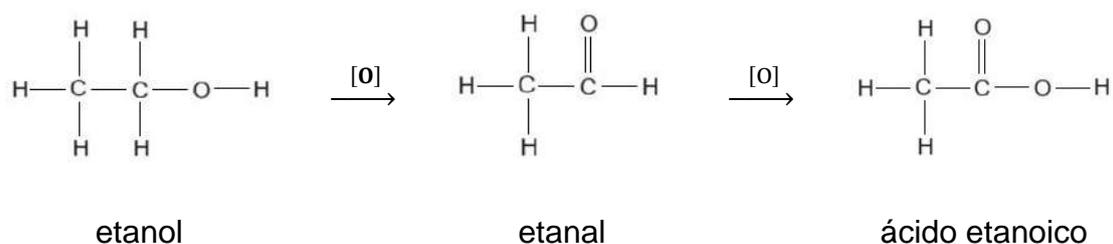
O carbono que sofre oxidação é aquele ligado à hidroxila.

A seguir, serão apresentadas as reações de oxidação enérgica de álcool de forma simplificada, ou seja, somente aparecerão as substâncias mais importantes envolvidas em cada processo.

Oxidação enérgica de álcool primário

A oxidação de um álcool primário produz inicialmente um aldeído (oxidação parcial) que depois é oxidado a ácido carboxílico (oxidação total).

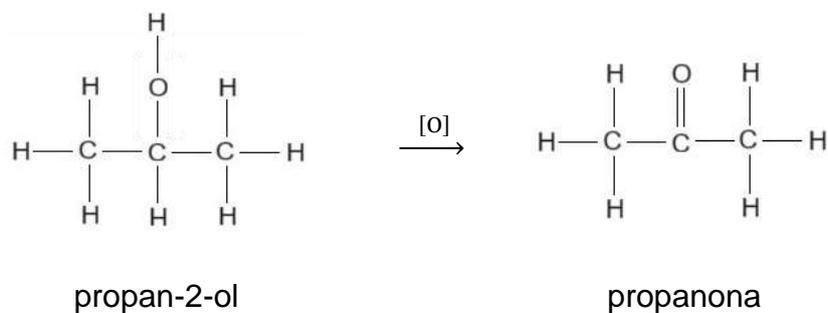
Exemplo:



Oxidação enérgica de álcool secundário

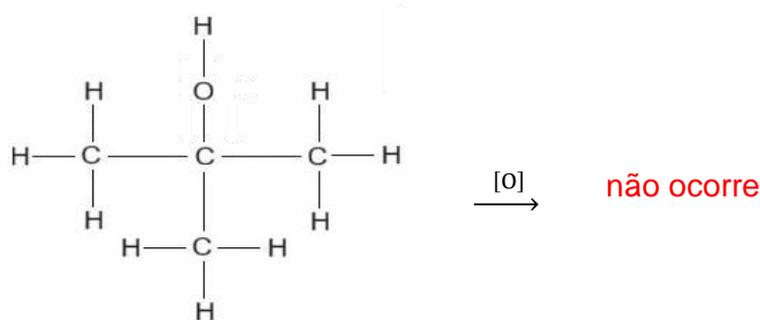
A oxidação de um álcool secundário produz uma cetona.

Exemplo:



Oxidação enérgica de álcool terciário

Neste caso, não ocorre reação.



2-metil-propan-2-ol

Oxidação enérgica de alcenos

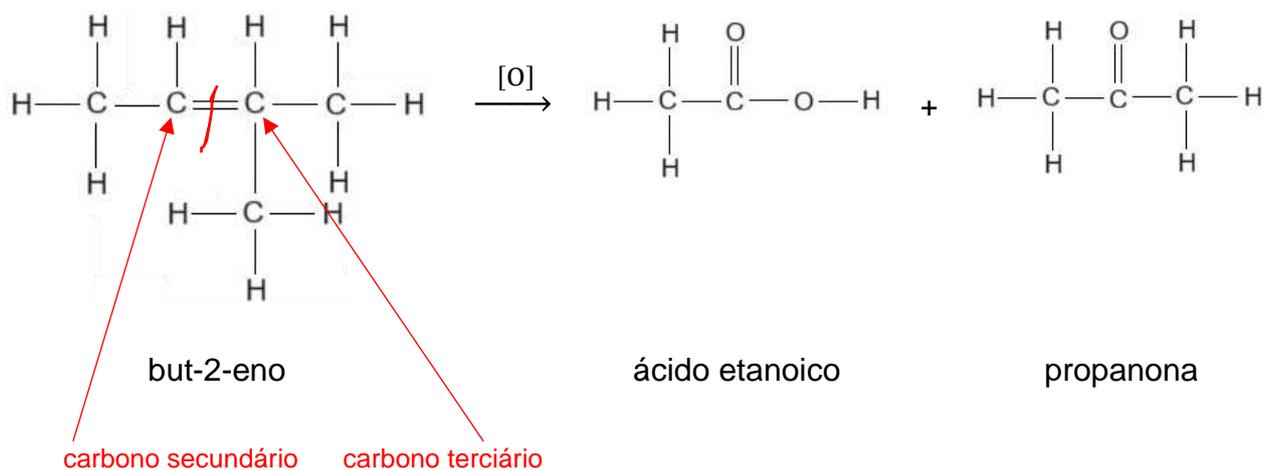
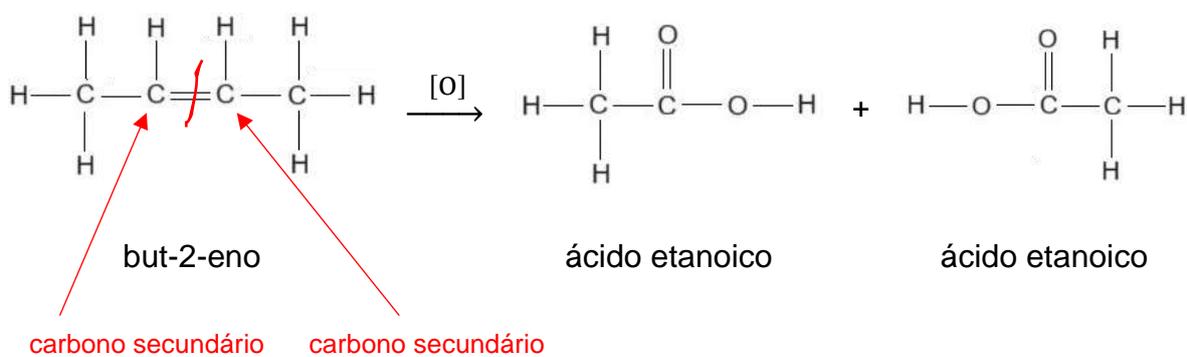
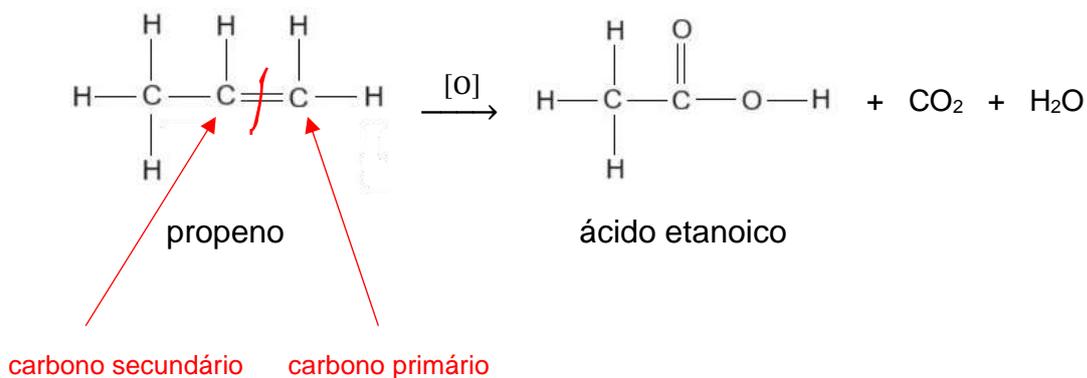
A oxidação enérgica de um alceno também ocorre com o uso de um agente oxidante, que pode ser o permanganato de potássio (KMnO_4) ou dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) concentrados, à quente e em meio ácido.

Nessa reação, ocorre o rompimento da ligação dupla produzindo duas partes. Os átomos de carbono que sofrem oxidação são os carbonos que estão unidos pela ligação dupla.

Se o carbono a ser oxidado de uma determinada parte for:

- **primário**: é produzido o ácido carbônico (H_2CO_3) que se decompõe em gás carbônico (CO_2) e água (H_2O).
- **secundário**: é produzido um ácido carboxílico.
- **terciário**: é produzida uma cetona.

Exemplos:



Ozonólise de alcenos

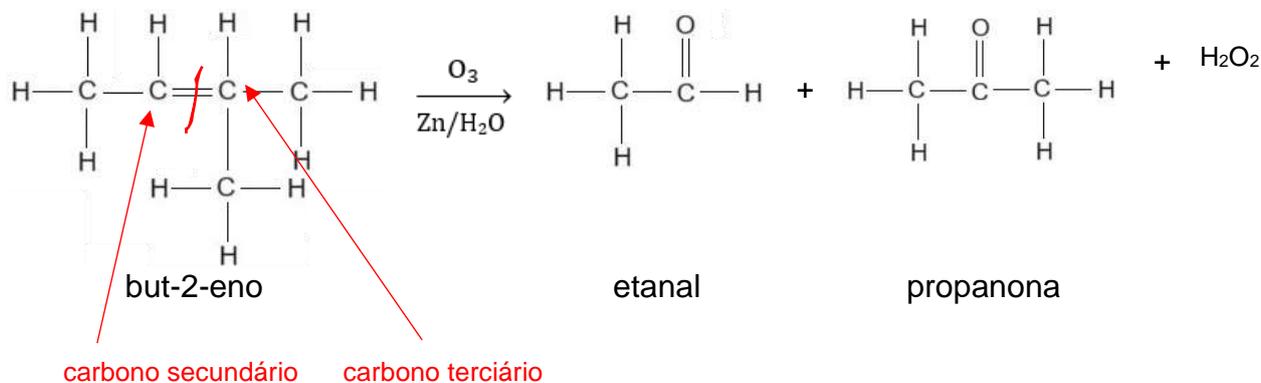
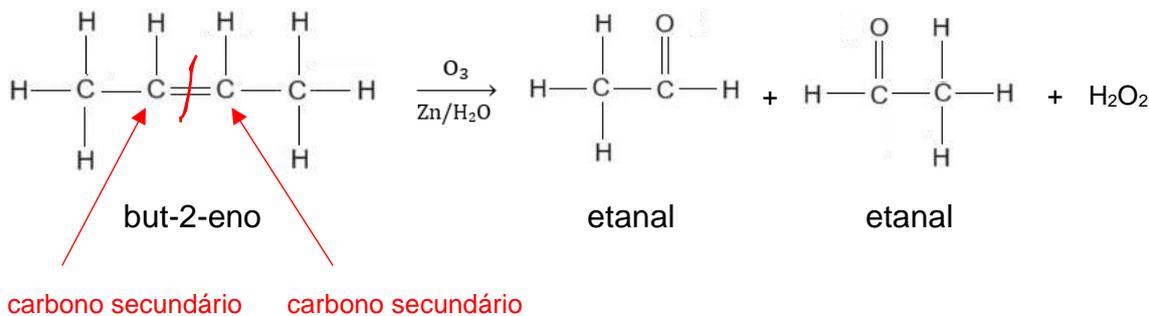
Este processo consiste em reagir um alceno com o gás ozônio (O₃) em presença de água (H₂O) e pó de zinco (Zn). A dupla ligação é rompida produzindo duas partes. Os átomos de carbono que sofrem oxidação são os carbonos que estão unidos pela ligação dupla.

Se o carbono a ser oxidado de uma determinada parte for:

- **primário ou secundário**: é produzido um aldeído.

- **terciário**: é produzida uma cetona.

A reação também produz peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e o pó de zinco é utilizado para impedir que o aldeído seja oxidado a ácido carboxílico.



Combustão completa

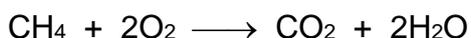
Uma reação de combustão ou queima de uma substância orgânica consiste na reação desta substância com o gás oxigênio (O₂). Quando a quantidade de gás oxigênio não é suficiente, a combustão é **incompleta** ou **parcial**, produzindo monóxido de carbono (CO) ou carbono (C), que está na fuligem. Se houver gás oxigênio em excesso, a combustão é **completa** ou **total**.

A reação de combustão completa ou queima total de um hidrocarboneto ou de uma substância orgânica contendo carbono, hidrogênio e oxigênio, produz gás carbônico (CO₂) e água (H₂O). Lembrando que o gás carbônico também é denominado dióxido de carbono.

Este tipo de reação ocorre, por exemplo, na queima de combustíveis fósseis. A substância que queima é denominada **combustível** e a substância que possibilita a combustão, no caso o gás oxigênio, é denominada **comburente**.

O gás carbônico é um dos gases responsáveis pelo efeito estufa do planeta Terra. Portanto, quanto mais gás carbônico um combustível libera para a atmosfera em sua combustão, maior é a sua contribuição para o aumento do efeito estufa, o que tende a provocar elevação na temperatura do planeta.

O metano é o gás encanado usado em residências. Ele também está na composição do gás natural veicular (GNV) e também é produzido em aterros sanitários. A combustão completa de cada molécula de metano produz 1 molécula de gás carbônico. Observe a equação química a seguir:



O etanol (C₂H₅OH) é o álcool utilizado como combustível de automóvel e está presente em bebidas alcoólicas. A sua combustão completa, libera menos moléculas de gás carbônico para cada molécula de etanol queimada que a

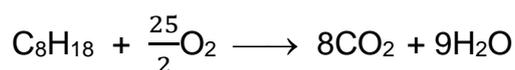
combustão de uma molécula de iso-octano presente na gasolina, conforme a equação química:



Ao ser queimada, cada molécula de glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) é transformada em 6 moléculas de gás carbônico, conforme a equação química seguir:



O principal componente da gasolina é o iso-octano (C_8H_{18}), e a sua combustão completa produz 8 moléculas de gás carbônico para cada molécula de reagente orgânico utilizado.

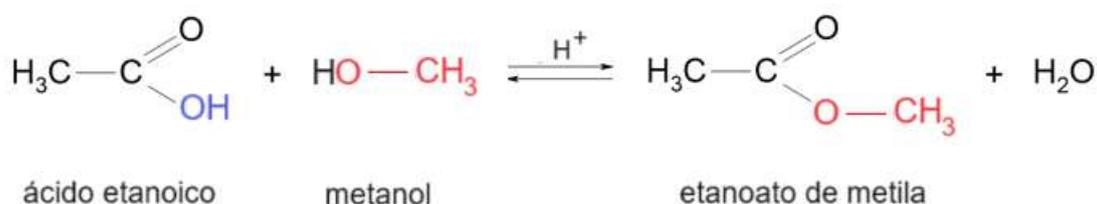


Comparando os combustíveis metano, etanol, glicose e iso-octano, pode-se verificar que o iso-octano libera mais gás carbônico por molécula queimada da substância.

Esterificação

O principal meio de obtenção de ésteres é a partir da reação entre um ácido carboxílico um álcool, em presença de um ácido inorgânico, produzindo éster e água. Esta reação é conhecida como esterificação de Fischer e é reversível, pois parte do éster e da água reagem entre si formando novamente o ácido carboxílico e o álcool de origem. A reação inversa é a hidrólise do éster.

Exemplo:



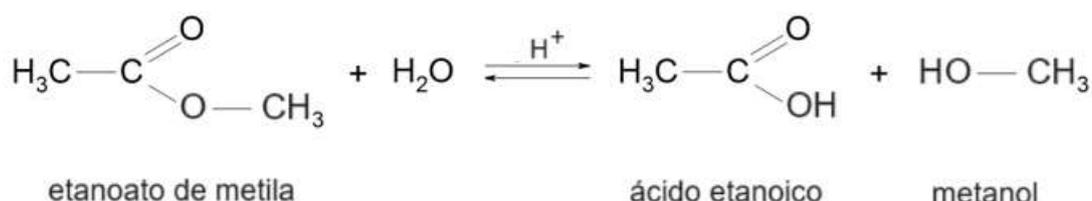
Um álcool primário é mais reativo que um álcool secundário e que por sua vez é mais reativo que um álcool terciário.

Hidrólise de éster

A hidrólise de um éster pode ser ácida ou básica.

Exemplos:

- a) **hidrólise ácida:** é a reação contrária à esterificação, consistindo na reação do éster com água em meio ácido (H⁺), produzindo um ácido carboxílico e um álcool.



- b) **hidrólise básica ou alcalina:** consiste na reação entre um éster e uma substância alcalina. Este tipo de reação é empregado para produção de sabões, sendo também chamada de **reação de saponificação**.



Observe que a reação do éster com uma base inorgânica, produz um sal orgânico e um álcool.

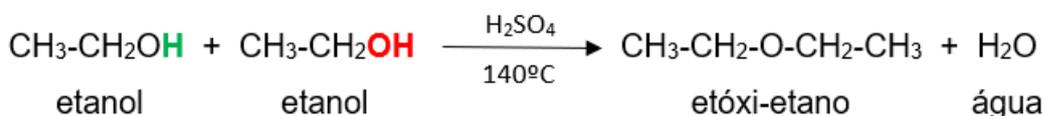
Desidratação de álcool

O produto formado na desidratação em álcool depende da temperatura.

Desidratação Intermolecular

Este tipo de reação é catalisado por ácido inorgânico **em temperaturas mais baixas**, em que duas moléculas de álcool iguais ou diferentes eliminam água e produzem um éter.

Exemplo:



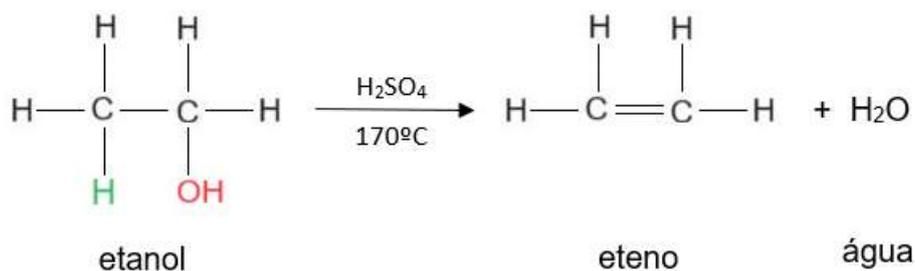
Observa-se que na formação do éter, ocorre a eliminação de um átomo de hidrogênio (H) de uma molécula de álcool e do grupo funcional hidroxila (OH) de outra molécula de álcool. O átomo de hidrogênio e a hidroxila se unem para formar uma molécula de água (H₂O).

Como a eliminação de água envolve duas moléculas, ela é denominada **desidratação intermolecular** (entre moléculas).

Desidratação intramolecular

Essa reação ocorre com uma mesma molécula de álcool e é catalisada por ácido inorgânico **em temperaturas mais elevadas** produzindo um alceno e água.

Exemplo:

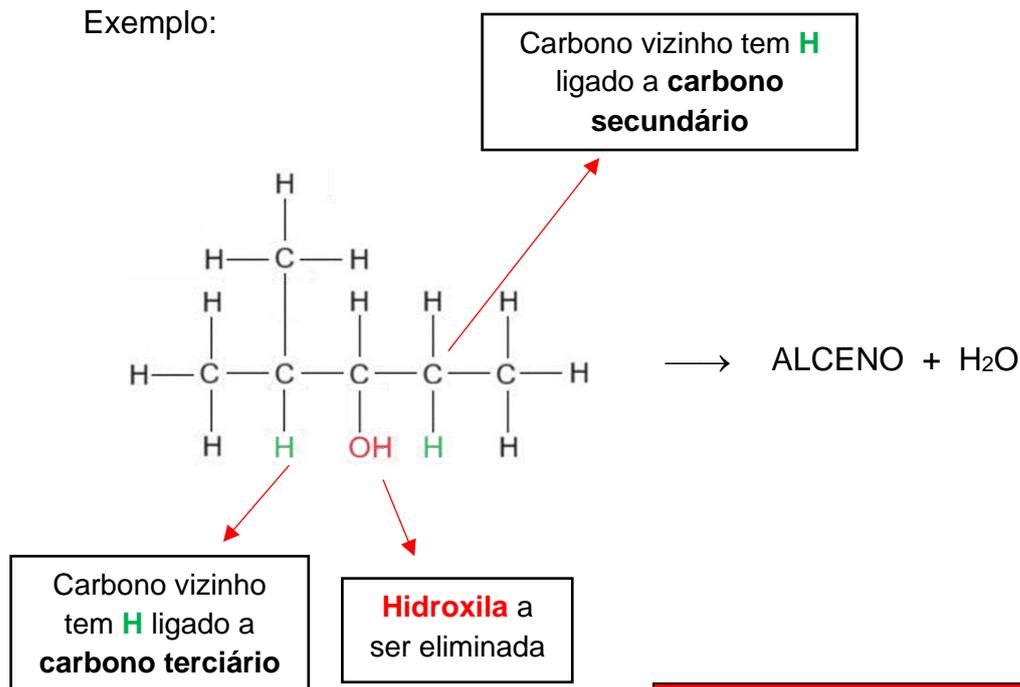


Observe que a eliminação do grupo funcional hidroxila (**OH**) e do átomo de hidrogênio (**H**) ocorre na mesma molécula orgânica reagente, formando água (H₂O). Como a eliminação de água ocorre dentro de uma molécula, ela é denominada **desidratação intramolecular** (dentro da molécula).

O químico russo Alexander Mikhaylovich Saytzeff (1841-1910) verificou, em 1875, que nas reações de eliminação intramolecular de álcool, o átomo de hidrogênio do carbono vizinho à hidroxila a ser eliminado segue a seguinte prioridade: C terciário > C secundário > C primário. Esta é a Regra de Saytzeff.

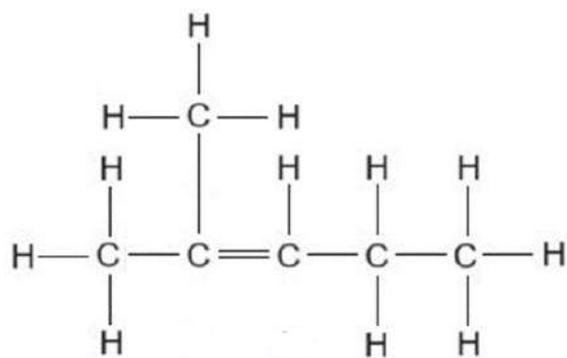
Apesar da produção de outros alcenos, um deles é predominante (produto principal), de acordo com tal regra.

Exemplo:



A produção de água (H₂O) ocorre com a eliminação de uma hidroxila (OH) e um átomo de hidrogênio (H) de um carbono vizinho. Nesse caso, há duas possibilidades. Pode sair o átomo de hidrogênio ligado ao carbono terciário ou o átomo de hidrogênio ligado ao carbono secundário.

Segundo a Regra de Saytzeff, a prioridade é a saída do hidrogênio do carbono terciário e, conseqüentemente, ocorre a formação do 2-metil-pent-2-eno como produto orgânico principal.



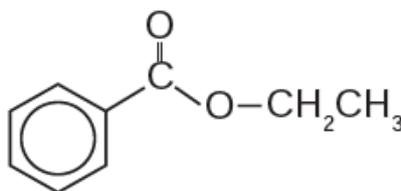
2-metil-pent-2-eno

produto principal

QUESTÕES DO ENEM – UNIDADE 10

Questões e imagens retiradas das provas disponibilizadas no *síte* do Inep (<http://www.inep.gov.br>).

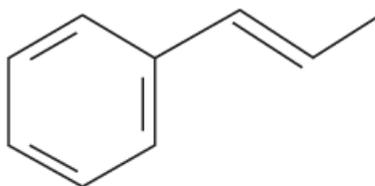
1. (Enem 2012) A própolis é um produto natural conhecido por suas propriedades anti-inflamatórias e cicatrizantes. Esse material contém mais de 200 compostos identificados até o momento. Dentre eles, alguns são de estrutura simples, como é o caso do $C_6H_5CO_2CH_2CH_3$, cuja estrutura está mostrada a seguir.



O ácido carboxílico e o álcool capazes de produzir o éster em apreço por meio da reação de esterificação são, respectivamente,

- A) ácido benzoico e etanol.
- B) ácido propanoico e hexanol.
- C) ácido fenilacético e metanol.
- D) ácido propiônico e cicloexanol.
- E) ácido acético e álcool benzílico.

2. (Enem 2015) O permanganato de potássio ($KMnO_4$) é um agente oxidante forte muito empregado tanto em nível laboratorial quanto industrial. Na oxidação de alcenos de cadeia normal, como o 1-fenil-1-propeno, ilustrado na figura, o $KMnO_4$ é utilizado para a produção de ácidos carboxílicos.

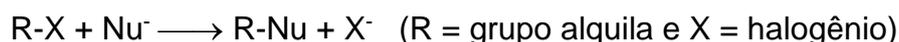


1-fenil-1-propeno

Os produtos obtidos na oxidação do alceno representado, em solução aquosa de KMnO_4 são:

- A) ácido benzoico e ácido etanoico.
- B) ácido benzoico e ácido propanoico.
- C) ácido etanoico e ácido 2-feniletanoico.
- D) ácido 2-feniletanoico e ácido metanoico.
- E) ácido 2-feniletanoico e ácido propanoico.

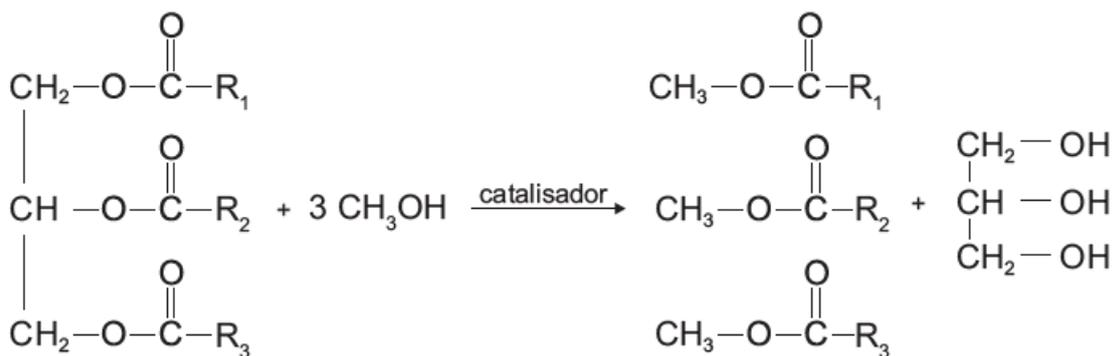
3. (Enem 2016) Nucleófilos (Nu^-) são bases de Lewis que reagem com haletos de alquila, por meio de uma reação chamada substituição nucleofílica (S_N) como mostrado no esquema:



A reação de S_N entre metóxido de sódio ($\text{Nu}^- = \text{CH}_3\text{O}^-$) e brometo de metila fornece um composto orgânico pertencente à função

- A) éter.
- B) éster.
- C) álcool.
- D) haleto.
- E) hidrocarboneto.

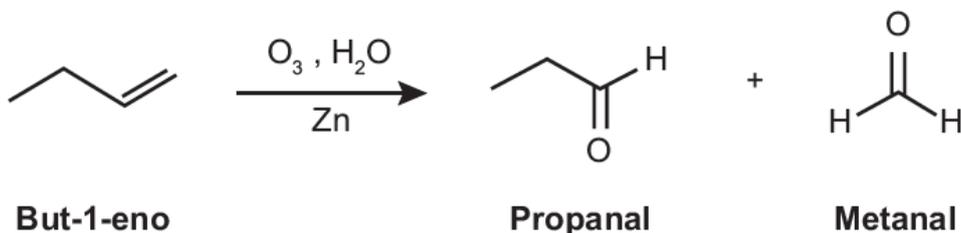
4. (Enem 2017) O biodiesel é um biocombustível obtido a partir de fontes renováveis, que surgiu como alternativa ao uso do diesel de petróleo para motores de combustão interna. Ele pode ser obtido pela reação entre triglicerídeos, presentes em óleos vegetais e gorduras animais, entre outros, e álcoois de baixa massa molar, como o metanol ou etanol, na presença de um catalisador, de acordo com a equação química:



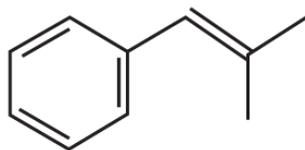
A função química presente no produto que representa o biodiesel é

- A) éter.
- B) éster.
- C) álcool.
- D) cetona.
- E) ácido carboxílico.

5. (Enem 2017) A ozonólise, reação utilizada na indústria madeireira para a produção de papel, é também utilizada em escala de laboratório na síntese de aldeídos e cetonas. As duplas ligações dos alcenos são clivadas pela oxidação com o ozônio (O_3), em presença de água e zinco metálico, e a reação produz aldeídos e/ou cetonas, dependendo do grau de substituição da ligação dupla. Ligações duplas dissubstituídas geram cetonas, enquanto as ligações duplas terminais ou monossubstituídas dão origem a aldeídos, como mostra o esquema.



Considere a ozonólise do composto 1-fenil-2-metilprop-1-eno:



1-fenil-2-metilprop-1-eno

MARTINO, A. *Química, a ciência global*. Goiânia: Editora W, 2014 (adaptado).

Quais são os produtos formados nessa reação?

- A) Benzaldeído e propanona.
- B) Propanal e benzaldeído.
- C) 2-fenil-etanal e metanal.
- D) Benzeno e propanona.
- E) Benzaldeído e etanal.

6. (Enem 2021) Com o objetivo de proporcionar aroma e sabor a diversos alimentos, a indústria alimentícia se utiliza de flavorizantes. Em geral, essas substâncias são ésteres, como as apresentadas no quadro.

Nome	Fórmula	Aroma
Benzoato de metila	$C_6H_5CO_2CH_3$	Kiwi
Acetato de isoamila	$CH_3CO_2(CH_2)_2CH(CH_3)_2$	Banana
Acetato de benzila	$CH_3CO_2CH_2C_6H_5$	Pêssego
Propanoato de isobutila	$CH_3CH_2CO_2CH_2CH(CH_3)_2$	Rum
Antranilato de metila	$C_6H_4NH_2CO_2CH_3$	Uva

O aroma do flavorizante derivado do ácido etanoico e que apresenta cadeia carbônica saturada é de

- A) kiwi.
- B) banana.
- C) pêssego.
- D) rum.
- E) uva.

7. (Enem 2022) Durante o ano de 2020, impulsionado pela necessidade de respostas rápidas e eficientes para desinfetar ambientes de possíveis contaminações com o SARS-CoV-2, causador da covid-19, diversas alternativas foram buscadas para os procedimentos de descontaminação de materiais e ambientes. Entre elas, o uso de ozônio em meio aquoso como agente sanitizante para pulverização em humanos e equipamentos de proteção em câmaras ou túneis, higienização de automóveis e de ambientes fechados e descontaminação de trajés. No entanto, pouca atenção foi dada à toxicidade do ozônio, à formação de subprodutos, ao nível de concentração segura e às precauções necessárias.

LIMA, M. J. A.; FELIX, E. P.; CARDOSO, A. A. Aplicações e implicações do ozônio na indústria, ambiente e saúde. **Química Nova**, n. 9, 2021 (adaptado).

O grande risco envolvido no emprego indiscriminado dessa substância deve-se à sua ação química como

- A) catalisador.
- B) oxidante.
- C) redutor.
- D) ácido.
- E) base.

UNIDADE 11

QUÍMICA ORGÂNICA NO COTIDIANO

Petróleo

A palavra **petróleo** vem do latim (petrae = pedra; oleum = óleo). Ele é um material oleoso e inflamável resultante da decomposição de matéria orgânica. É menos denso que a água e sua coloração varia entre o negro e o castanho escuro.

Ao longo de milhares de anos ocorreu o depósito de restos de animais e vegetais mortos no fundo de lagos e mares. Este material depositado foi lentamente coberto por sedimentos (pó de calcário, areia etc.) que posteriormente se transformaram em rochas sedimentares (calcário e arenito). Sob a influência de elevadas pressões e temperaturas, a matéria orgânica depositada passou por reações químicas complexas que originaram ao petróleo. Por isso, o petróleo está localizado nas bacias sedimentares, estando associado à água e ao gás natural.

A composição do petróleo é variável, depende da fonte, mas, em geral, há hidrocarbonetos e pequenas quantidades de substâncias contendo enxofre, fósforo, nitrogênio e oxigênio. Também podem ser encontradas substâncias inorgânicas consideradas como impurezas.

Tais impurezas são removidas através de processos físicos de separação de misturas: decantação e filtração.

A decantação consiste na separação dos componentes de uma mistura pela diferença de suas densidades. Neste processo, após um certo tempo, a água tende a ficar na parte inferior e o petróleo na parte superior, pois ele é menos denso.

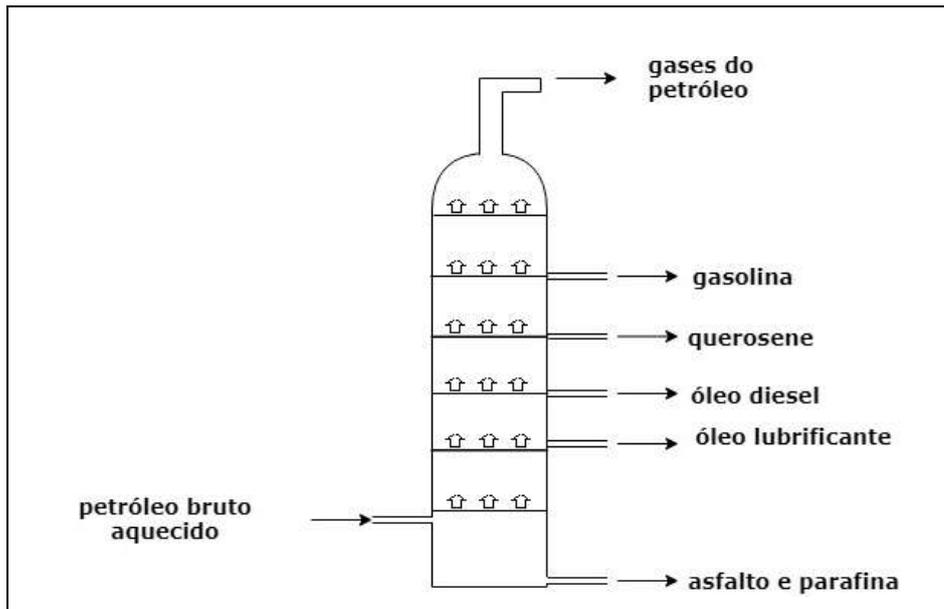
Na filtração, ocorre a passagem da mistura por um filtro ou malha fina que retém as partículas sólidas maiores, tais como areia e a argila.

Depois desses processos, é realizado o refino do petróleo, que transforma a mistura complexa de hidrocarbonetos em frações mais simples.

Como estes hidrocarbonetos têm temperaturas de ebulição muito próximas, não é possível separar cada um desses componentes individualmente. Então o petróleo é separado em grupos ou misturas de hidrocarbonetos, as chamadas **frações do petróleo**, formadas por um número menor de substâncias. Tais frações apresentam diferentes faixas de temperatura de ebulição, daí o uso da **destilação fracionada** nas refinarias para separá-las.

Neste processo, o petróleo é colocado em um forno (fornalha ou caldeira) ligado a uma torre de destilação que possui vários níveis, também chamados de pratos ou bandejas. Como o aquecimento é realizado na parte inferior, a temperatura de cada bandeja vai diminuindo quanto maior for sua altura na torre.

O petróleo é aquecido em uma coluna de destilação até a sua ebulição, então os vapores dos compostos vão subindo pela torre. Os hidrocarbonetos com moléculas maiores permanecem líquidos na base da torre. Os mais leves são vaporizados e vão subindo pela coluna através de orifícios até atingirem bandejas de temperaturas menores que o seu ponto de ebulição, quando se condensam e são retirados da coluna. A figura a seguir, apresenta um esquema de uma torre de destilação ou torre de fracionamento de petróleo, com a separação de algumas de suas frações.



Destilação fracionada do petróleo.

A tabela a seguir apresenta algumas frações do petróleo, os números de carbonos presentes em suas moléculas e suas faixas de temperatura de ebulição.

Fração	Número de átomos de carbono por molécula	Faixa de temperatura de ebulição (°C)
Gás residual	C ₁ a C ₂	-
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	C ₃ a C ₄	Até 40
Gasolina	C ₅ a C ₁₀	40 – 175
Querosene	C ₁₁ a C ₁₂	175 – 235
Gasóleo leve (óleo diesel)	C ₁₃ a C ₁₇	235 – 305
Gasóleo pesado	C ₁₈ a C ₂₅	305 – 400
Lubrificantes	C ₂₆ a C ₃₈	400 - 510
Resíduos (asfalto, piche)	> C ₃₈	> 510

Frações obtidas na destilação do petróleo.

Fonte: adaptado de Thomas, J. E. Fundamentos de Engenharia de Petróleo. Ed. Interciência, p.5.

Observe que substâncias cujas moléculas possuem cadeias carbônicas maiores, apresentam maiores temperaturas de ebulição.

Após esse processo, há ainda o **craqueamento térmico** ou **catalítico**, em que ocorre a quebra de moléculas longas de hidrocarbonetos em outras de cadeias menores.

Por exemplo, o $C_{17}H_{36}$ presente no óleo diesel é transformado em C_8H_{16} e C_9H_{20} , que são constituintes da gasolina. O $C_{15}H_{32}$ presente no querosene é utilizado para produzir substâncias presentes na gasolina, C_8H_{16} e C_7H_{16} .

Há ainda a **reforma catalítica** em que as moléculas dos derivados do petróleo sofrem uma reestruturação, podendo ocorrer a transformação de hidrocarbonetos de cadeia normal em cadeia ramificada, ou a transformação de hidrocarbonetos de cadeia normal em hidrocarbonetos de cadeia cíclica ou aromáticos.

Outro processo utilizado para se obter gasolina é a **alquilação**, que de forma inversa ao craqueamento, combina moléculas menores de substâncias gasosas em moléculas maiores presentes na gasolina. Neste processo, gases presentes no petróleo, como C_4H_8 e C_4H_{10} são transformados em C_8H_{18} , um constituinte da gasolina.

Materiais obtidos do petróleo são utilizados em iluminação, como combustíveis de automóveis, aviões, navios, no aquecimento de casas e prédios. Eles também são importantes para a fabricação de tecidos sintéticos, borracha sintética, sabões, detergentes, tinta, plásticos, medicamentos, inseticidas, fertilizantes, etc.

Os combustíveis gás natural veicular (GNV), gasolina, óleo diesel e querosene são os derivados mais importantes do petróleo.

Apesar de ter uma série de benefícios para a sociedade, a exploração e uso do petróleo e seus derivados são responsáveis por inúmeros problemas ambientais, tais como a liberação de gases tóxicos para a atmosfera, a contaminação de águas, do solo e de alimentos.

Gás natural

O **gás natural** é uma mistura de hidrocarbonetos leves. O gás metano (CH_4) é seu principal componente. Ele é incolor, inodoro e muito inflamável em condições normais de temperatura e pressão. Geralmente, ele tem sua origem nos pântanos, pelo apodrecimento de vegetais. É formado também nos aterros sanitários, em virtude da atividade de bactérias presentes no lixo, nos processos de extração e utilização de combustíveis fósseis.

O gás natural é um ótimo combustível em virtude de seu elevado poder calorífico e por ser menos poluente do que os derivados do petróleo. O gás natural está sendo usado nas indústrias, na geração de energia elétrica e como combustível para automóveis (o gás natural veicular - GNV).

O gás encanado usado em apartamentos nas grandes cidades é composto também pelo metano.

O uso do gás natural como fonte de energia tem vantagens ambientais em relação aos outros combustíveis fósseis, como carvão mineral e derivados de petróleo, pois a sua combustão não produz quantidades significativas de monóxido de carbono (CO), além de não serem liberados na atmosfera óxidos de enxofre que possam provocar a chuva ácida, uma vez que não há enxofre em sua composição.

Há uma estimativa de que o Brasil tenha reservas da ordem de 650 bilhões de m^3 de gás natural, situadas principalmente na bacia de Campos.

Carvão

O **carvão** utilizado como combustível pode ser **mineral** ou **vegetal**.

Carvão mineral

O **carvão mineral** é encontrado no subsolo e resulta da transformação de árvores que cresceram há 300 milhões de anos em pântanos rasos. Tais plantas armazenavam energia solar, morriam e caíam nos pântanos. Pela ação de microorganismos, pressão e temperaturas elevadas, os vegetais soterrados iam perdendo umidade, oxigênio e nitrogênio, produzindo um carvão cada vez mais rico em carbono.

O carvão mineral é semelhante a uma pedra, tendo uma aparência preta e rígida. Ele é composto de uma parte orgânica combustível contendo carbono e hidrogênio, pequenas proporções de oxigênio, enxofre e nitrogênio e uma parte mineral que possui silicatos constituintes da cinza. A composição percentual desses componentes depende do tempo em que o material foi formado, ou seja, quanto maior o tempo de evolução, mais alto é o teor de carbono e menor é o teor de oxigênio.

Quanto maior o teor de carbono, maior é o poder energético do carvão.

O carvão era utilizado como combustível desde a antiguidade, alimentando fornos para a fusão de minérios metálicos. Ele também foi utilizado como combustível de locomotivas e navios a vapor. Nos dias atuais, o carvão mineral tem sua aplicação nas usinas termoeletricas.

O carvão é o recurso mais abundante e bastante poluente, pois sua combustão emite grandes quantidades de gás carbônico, dióxido de nitrogênio (NO_2), trióxido de enxofre (SO_3) e cinzas no ar.

Carvão vegetal

O carvão vegetal é um material de cor negra obtido pela combustão incompleta da madeira ou lenha. Em sua composição há carbono, oxigênio, hidrogênio e cinzas. Ele é muito utilizado como combustível para aquecedores, lareiras, churrasqueiras e fogões a lenha.

O carvão vegetal para uso medicinal (carvão ativado) é considerado um fitoterápico, e é extraído de madeiras moles e não resinosas (partes lenhosas, cascas e serragens). Ele é material bastante poroso, o que explica a sua propriedade de ser um adsorvente, e ser utilizado em sistemas de tratamentos de água para remover substâncias que conferem odor desagradável à água.

Ele também possui as vantagens de ser uma fonte renovável de energia, pois como tem origem vegetal, sua matéria-prima pode ser replantada, além de emitir menos poluentes que o carvão mineral em sua combustão.

Biocombustíveis

Nas últimas décadas, tem-se buscado cada vez mais os chamados combustíveis alternativos, pois fatores ambientais, econômicos e sociais têm motivado a substituição dos combustíveis fósseis.

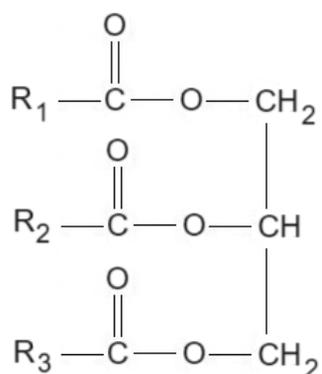
Um **biocombustível** é um produto útil para a geração de energia, obtido total ou parcialmente de biomassa. Um exemplo é o biodiesel produzido a partir de óleos vegetais.

O biodiesel é resultante da reação de transesterificação. Ela ocorre entre um triacilglicerol e um álcool (etanol ou metanol), em presença de catalisador, produzindo uma mistura de outros ésteres (biodiesel) e outro álcool (glicerol).

O **triacilglicerol** ou **triglicerídeo** é um triéster originado da união de três moléculas de ácidos graxos com uma molécula de triálcool (glicerol).

Geralmente, o **ácido graxo** é um ácido carboxílico contendo 12 ou mais átomos de carbono por molécula e que pode ser saturado ou insaturado. Mas, também pode-se considerar como ácido graxo qualquer ácido carboxílico que um ser vivo utilize para produzir um triacilglicerol.

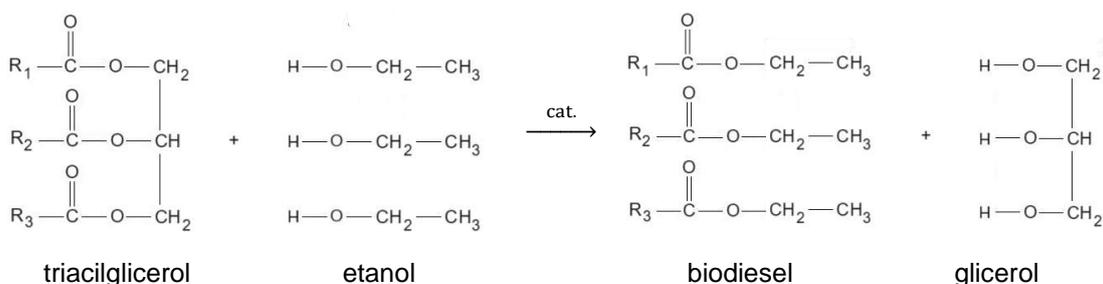
O triacilglicerol possui a seguinte estrutura genérica:



R₁, R₂ e R₃ são grupos saturados ou insaturados.

Os materiais contendo triacilgliceróis podem ser óleos ou gorduras. Os óleos são formados a partir de ácidos graxos insaturados e se encontram no estado líquido em condições ambientes. As gorduras são provenientes de ácidos graxos saturados e são sólidas em condições ambientes.

Observe a equação química que representa uma reação genérica de transesterificação:

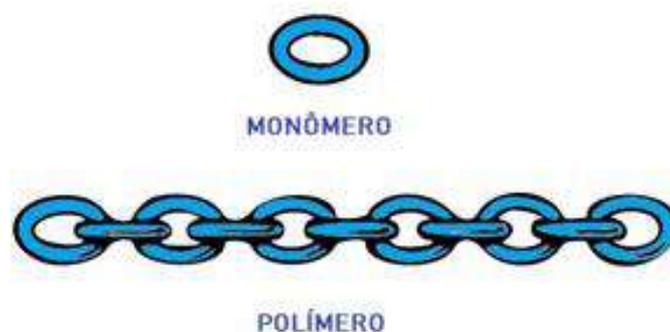


A vantagem do biodiesel sobre o diesel é que o primeiro é um recurso natural renovável, uma vez que o segundo é um combustível fóssil não renovável.

Uma vez que a maior parte da produção agrícola é voltada para o mercado alimentício, o governo brasileiro tem permitido aos poucos a adição de biodiesel ao diesel obtido na destilação do petróleo.

Polímeros

O termo **polímero** tem origem grega: “*poli*” significa muitas e “*mero*” significa partes, Este tipo de material possui moléculas muito grandes formadas pela união de muitas moléculas menores iguais ou diferentes que se repetem, denominadas monômeros. Simbolicamente podemos imaginar o monômero como sendo o elo de uma corrente, e o polímero como sendo a corrente.



Lidiane Almeida

Representação do monômero e polímero.

Os polímeros podem ser **naturais** ou **sintéticos**.

Muitos polímeros são naturais, sendo produzidos pelo metabolismo de seres vivos, como a borracha natural, os polissacarídeos (amido, celulose e glicogênio) e as proteínas.

Os polímeros artificiais são aqueles submetidos ao processo de modificação química. Estes polímeros sintéticos são classificados em polímeros de adição e polímeros de condensação.

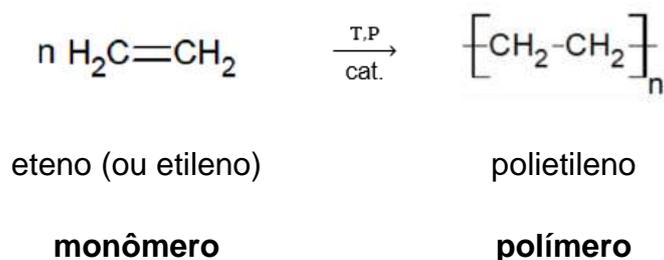
Polímeros de adição

Os polímeros de adição são formados pela união (soma) de moléculas pequenas (monômeros) sem haver a eliminação de alguma substância.

Polietileno

O eteno, proveniente do petróleo ou do álcool de cana-de-açúcar, possibilita a síntese do **polietileno**, que é um plástico utilizado para a fabricação de objetos domésticos, brinquedos, garrafas plásticas, cortinas, sacolas plásticas etc.

A equação abaixo representa a produção do polietileno a partir do eteno. O eteno é o monômero e o polietileno é o polímero.



Nesta reação, a ligação pi (π) de cada molécula do eteno se rompe, deixando os dois carbonos que possuíam a ligação dupla com uma ligação faltando (1 valência livre). Isso faz com que o carbono com valência livre de uma molécula se ligue ao carbono com valência livre de outra molécula. Estas ligações são efetuadas entre várias (“n”) moléculas dando origem ao polímero. Na representação do polímero, coloca-se entre colchetes a estrutura do monômero que se repete com as duas valências livres. No lado direito inferior do

segundo colchete, inclui-se o índice “n” para indicar que a estrutura se repete “n” vezes.

Neste caso, o valor de n pode variar de 2.000 a 100.000, dependendo das condições em que a reação é feita. Devido ao seu enorme tamanho avantajado, a estrutura de um polímero é chamada de **macromolécula**. O fenômeno que produz o polímero é denominado **reação de polimerização**. Nela, a molécula inicial (monômero) vai, sucessivamente, se unindo a outras, originando o dímero, o trímero, o tetrâmero, até chegar no polímero.



Lidiane Almeida

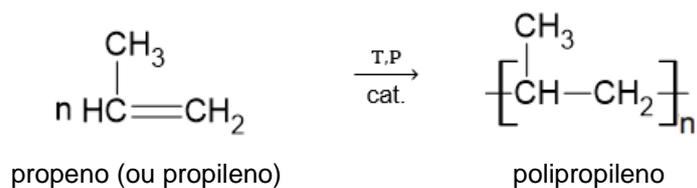
Objetos produzidos a partir do polietileno.

A aparência e as propriedades do polietileno podem ser modificadas alterando-se as condições de ocorrência da reação de polimerização. O polietileno de alta densidade (PEAD) é um sólido compacto de elevada resistência, em que um número muito grande de moléculas do monômero se unem por ligações muito fortes. Este plástico faz parte do tubo externo de canetas esferográficas, embalagens de materiais de limpeza e de higiene. Enquanto que o polietileno de baixa densidade (PEBD) é mais flexível, pois é formado por um número bem menor de moléculas ramificadas cuja união não é

tão forte. Este tipo de plástico está presente em sacos de lixo, sacolas de supermercado, tampinhas de garrafa, etc.

Polipropileno

O **polipropileno** é produzido a partir do propeno (ou propileno) segundo a reação abaixo e possui elevada resistência à tração.

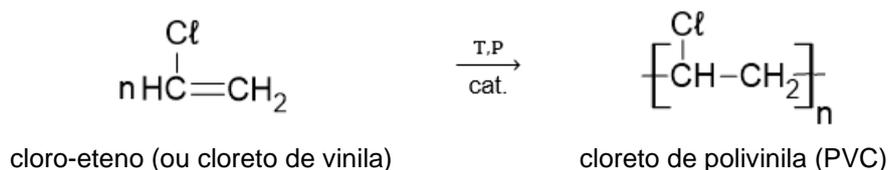


Este polímero é usado na fabricação cadeiras, poltronas, para-choques, cordas, tapetes de automóveis etc.

Cloreto de polivinila

O **cloreto de polivinila** (PVC, do inglês, polyvinyl chloride) é usado na fabricação de tubos para encanamento, sapatos plásticos, filmes para embalagens etc.

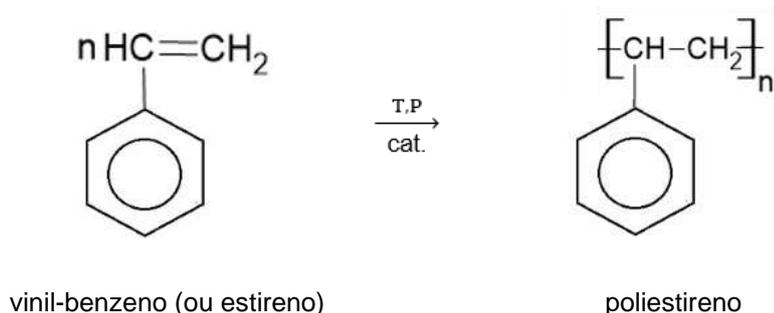
Sua preparação ocorre usando o cloro-eteno (ou cloreto de vinila) como matéria-prima:



Poliestireno

O **poliestireno** é usado para fabricar pratos, xícaras etc. Quando aquecido com substâncias que produzem gases, ele incha, dando origem ao isopor, que é extremamente leve e ótimo isolante térmico.

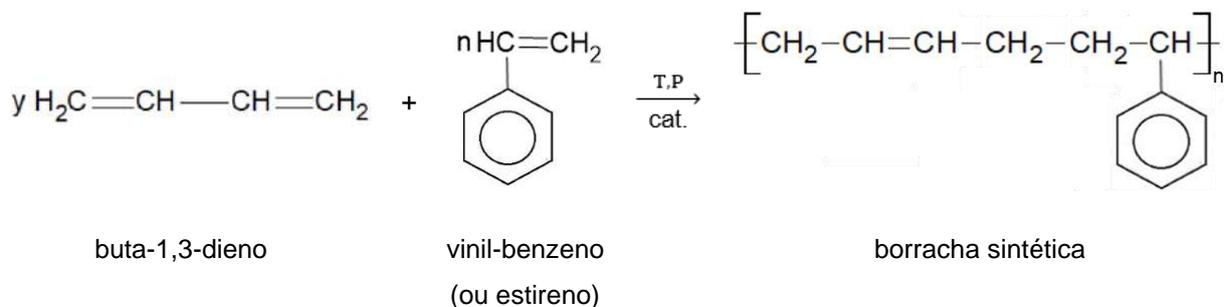
O poliestireno é produzido a partir do monômero vinil-benzeno (ou estireno) segundo a reação:



Borracha sintética

A **borracha sintética** é classificada como **copolímero**, que é o polímero obtido a partir de dois (ou mais) monômeros diferentes.

Um exemplo é a borracha sintética formada pela polimerização do buta-1,3-dieno com o estireno:



A borracha sintética obtida na reação acima é conhecida industrialmente pela sigla SBR (Styrene Butadiene Rubber), que após passar pelo processo de vulcanização, pode ser utilizada para a fabricação de pneus.

A **vulcanização** consiste na adição de enxofre à borracha, seguida de aquecimento, para se obter um material mais rígido e resistente. O enxofre adicionado se incorpora às moléculas ao promover a quebra das ligações duplas, formando ligações de enxofre que entre às moléculas do polímero. Isso faz com que a borracha fique com uma estrutura tridimensional aumentando a resistência do material.

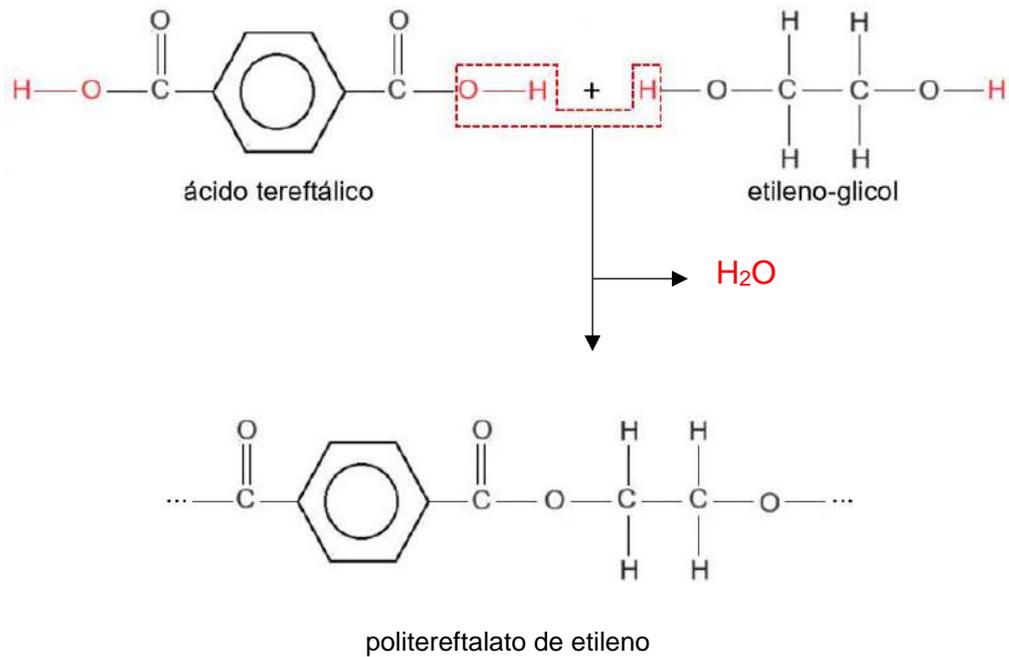
Polímeros de condensação

Um **polímero de condensação** é obtido pela reação de dois monômeros com eliminação de uma substância com moléculas de tamanhos pequenos.

Poliéster e nylon são exemplos deste tipo de polímero.

Poliéster

Um **poliéster** é um polímero obtido pela reação de esterificação repetida muitas vezes entre um poliácido e um poliálcool eliminando água. Os poliésteres são usados na produção de varas de pescar, engrenagens e na fabricação de fibras têxteis, com os nomes comerciais de terilene, tergal etc. Um dos exemplos mais simples é o da reação entre o ácido tereftálico e o etileno-glicol:



As reticências na estrutura apresentada acima indicam que a estrutura repete várias vezes. O politereftalato de etileno é um poliéster também conhecido como PET.

Náilon

O **náilon** é formado várias condensações entre uma diamina e um diácido eliminando água.

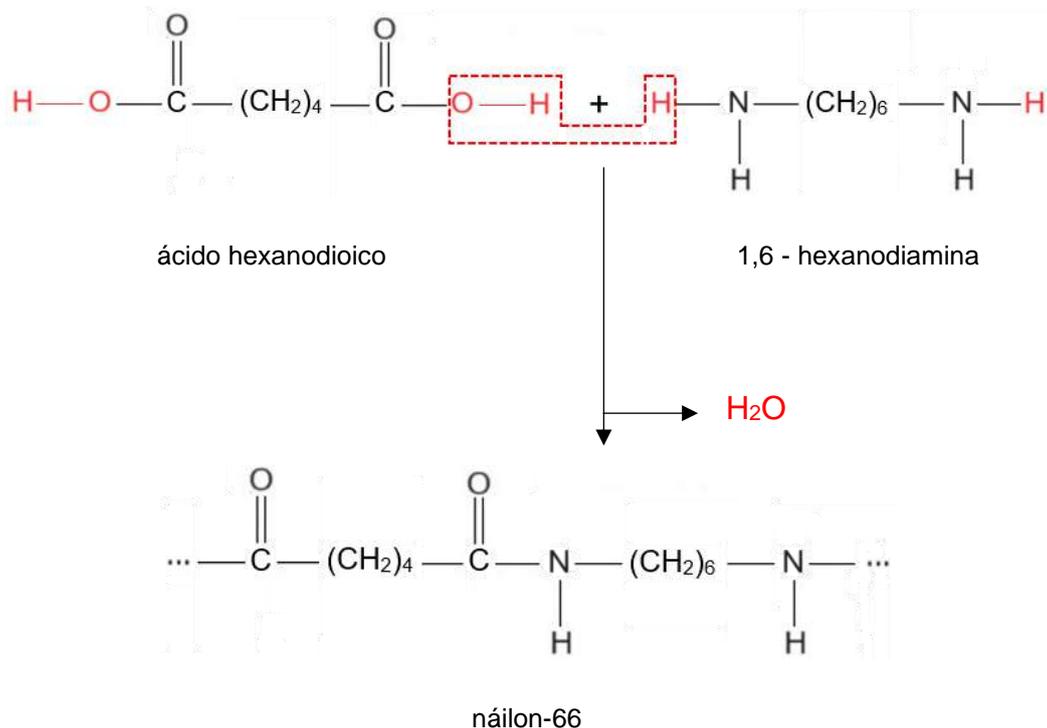
O náilon pode ser moldado para confecção de peças de máquinas ou transformado em fios para a fabricação de cordas, tecidos, linhas de pesca, etc.



Aplicação dos fios de náilon.

Fonte: www.canva.com

Como exemplo, observe a reação de produção do náilon-66:



Como o grupo funcional amida aparece várias vezes neste polímero, ele é classificado como uma poliamida.

Tipos de polímeros

Em geral, os materiais poliméricos são divididos em três categorias: **plásticos, fibras e elastômeros**.



Lidiane Almeida

Categorias de polímeros: A - plástico; B – fibra; C - elastômero.

Plásticos

Plásticos são os polímeros artificiais facilmente moldáveis.

Alguns deles, como os dos cabos de panelas, são maleáveis apenas durante a fabricação de um objeto, momento em que devem ser moldados, pois depois de prontos, a continuidade do aquecimento provoca a sua decomposição. Estes materiais são classificados como plásticos **termorrígidos** ou **termofixos**.

Os plásticos que podem ser remodelados quando aquecidos são classificados como **termoplásticos**. Como exemplos têm-se os plásticos usados na fabricação de utensílios domésticos, brinquedos e embalagens.

Fibras

As **fibras** são materiais poliméricos formados por moléculas com razão elevada entre o comprimento e as dimensões laterais, ou seja, são longas, finas que se alinham paralelamente através de estiramento no eixo longitudinal.

As fibras são usadas principalmente em materiais de vestuário. As fibras naturais, tais como algodão, o linho, a lã, a seda foram muito utilizadas durante séculos.

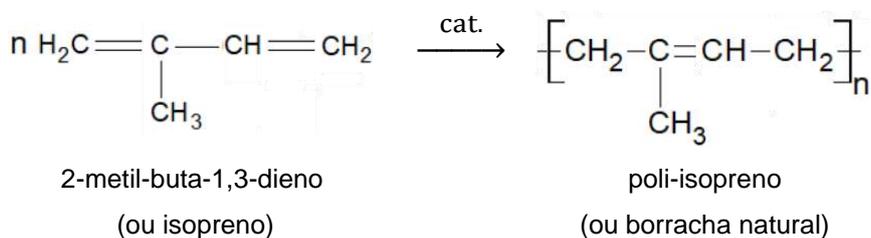
Com o desenvolvimento de polímeros sintéticos que produzem fibras ocorreu uma revolução no setor têxtil. As fibras sintéticas contribuíram para aumentar a diversidade dos vestuários e para atender às exigências diversas da sociedade, tais como o politereftalato de etileno (um poliéster) e o náilon (uma poliamida).

Elastômeros

Os **elastômeros** são polímeros que exibem elasticidade à temperatura ambiente. Ao se retirar o esforço, o material volta ao formato original. Essa categoria engloba as borrachas naturais e sintéticas.

A borracha natural, o poliisopreno, é considerada um elastômero, pois apesar de poder ser modelada como os plásticos, é um polímero de elevada elasticidade.

A borracha natural é produzida no Brasil a partir do látex da seringueira ou de outros vegetais. A equação a seguir representa a reação de polimerização do isopreno sob catálise enzimática na seringueira que produz a borracha natural.



O látex da seringueira é uma emulsão de 35% de poliisopreno. A borracha natural é um material mole que em contato com o gás oxigênio do ar se altera, ficando “melado”. O processo de vulcanização é utilizado para torná-la mais resistente.

A borracha natural é empregada na produção de pneus, de preservativos, componentes para calçados, luvas, etc.



Aplicações da borracha natural.

Fonte: www.canva.com

A borracha sintética, o polibutadieno, substituiu com sucesso a borracha natural na fabricação de pneus e câmaras de ar. Como já estudamos, o polibutadieno é um polímero obtido a partir da polimerização do 2-metil-buta-1,3-dieno.

Polímeros condutores

No início da década de 1970, foram produzidos polímeros condutores de corrente elétrica. Eles foram produzidos a partir de uma descoberta acidental no laboratório de Hideki Shirakawa do Instituto de Tecnologia de Tóquio. Um aluno de Shirakawa utilizou uma quantidade de catalisador muitas vezes maior que a necessária para tentar sintetizar o poliacetileno. Ao invés de obter um esperado pó preto, ele sintetizou um filme prateado parecido com uma folha de alumínio. Após tratamentos químicos, o material obtido apresentou uma condutividade elétrica semelhante à do cobre metálico em condições ambientes. Tal fato levou à preparação de outros polímeros condutores.

Tais polímeros são conhecidos como “metais sintéticos”, pois possuem propriedades elétricas, magnéticas e ópticas semelhantes às de metais e semicondutores.

Uma característica desses polímeros que explica sua condutividade elétrica é o fato deles possuírem ligações duplas alternadas em sua estrutura o que cria um movimento de elétrons deslocalizados na cadeia.

Problemas ambientais

A grande quantidade de materiais fabricados a partir de polímeros sintéticos trouxe problemas gerados pelo enorme volume de lixo produzido diariamente por materiais poliméricos descartáveis. O fato desse lixo não ser biodegradável, pode levar centenas de anos para ele se decompor.

Os plásticos têm sido muito utilizados atualmente, pois possuem inúmeras as vantagens quando comparados a outros materiais como o vidro e as ligas metálicas. Dentre elas, podem ser citadas características importantes como leveza (embalagens podem ser transportadas com menor gasto de energia) e toxicidade baixa ou nula (fundamental nos materiais biomédicos).

Esses materiais são resistentes à degradação, o que leva a consequências negativas para o meio ambiente, uma vez que o consumo exagerado e o descarte inadequado destes materiais têm provocado seu acúmulo na natureza. Ao se utilizar matéria-prima proveniente do petróleo, uma fonte não renovável, para produzir plástico, há os problemas de se consumir grande quantidade de energia no processo e gerar efluentes e gases tóxicos que são lançados no ambiente.

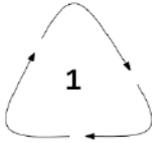
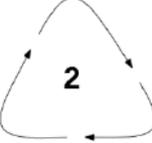
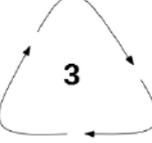
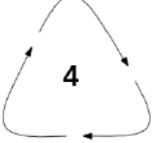
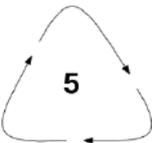
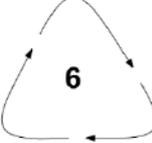
Apesar de os plásticos causarem diversos problemas, deixar de utilizá-los não parece ser uma alternativa viável para a sociedade, então deve-se minimizar os prejuízos com consumo consciente e reciclagem de materiais.

A reciclagem dos plásticos não é tão simples, pois há dificuldade na sua identificação, uma vez que pode haver dois materiais poliméricos de mesmo aspecto visual, mas formados por moléculas diferentes.

Plásticos diferentes são constituídos por polímeros diferentes, portanto eles não possuem as mesmas propriedades. Isso faz com que para se reciclar tais materiais, deve-se separá-los conforme o tipo de polímero. Para facilitar o processo, os objetos são classificados e marcados de acordo com os plásticos que os constituem. Esta classificação indica o tipo de material empregado na confecção de tal artefato.

Em 1988 a Sociedade das Indústrias de Plásticos (*Society of Plastics Industry, Inc.* (SPI)) introduziu um sistema de identificação para facilitar a recuperação dos recipientes plásticos descartados. Tal identificação é colocada na base do recipiente ou no verso da embalagem do produto.

Os símbolos de identificação dos plásticos predominantes do mercado segundo a norma ABNT NBR 13230 estão na tabela a seguir:

Código	Polímero
 PET	PET - polietilenotereftalato
 PEAD	PEAD – polietileno de alta densidade
 PVC	PVC – policloreto de vinila
 PEBD	PEBD – polietileno de baixa densidade
 PP	PP – polipropileno
 PS	PS - poliestireno
 Outros	Outros

Símbolos utilizados para identificação de plásticos.

Plásticos biodegradáveis

Os **plásticos biodegradáveis** ou **bioplásticos** são derivados de matérias-primas de fontes renováveis, tais como celulose, amido, etc. Estes plásticos têm a vantagem de serem decompostos por microrganismos presentes no solo, ao contrário do que ocorre com aqueles fabricados a partir de frações do petróleo, que permanecem muitos e muitos anos sem sofrerem degradação.

Um tipo de plástico não biodegradável, mas que é classificado como bioplástico ou biopolímero é o denominado plástico verde ou polietileno verde proveniente do etanol da cana-de-açúcar. Trata-se de um plástico semelhante ao polietileno, com a vantagem de ser produzido a partir da cana-de-açúcar e não do petróleo.

O etanol produzido a partir da cana-de-açúcar é desidratado para se obter o eteno (etileno) que então é transformado em polietileno. O plástico verde tem sido utilizado em fraldas descartáveis, brinquedos, tanques de combustível, recipientes para iogurtes, leite, xampu, detergentes, sacolas de supermercado, etc.



Lidiane Almeida

Sacola de supermercado feita de polietileno verde.

Como já foi dito, o plástico verde não é biodegradável, mas tem a vantagem de ser totalmente reciclável e sua matéria-prima ser renovável.

Sabões e detergentes

O **sabão** é um material de limpeza empregado desde a antiguidade. Registros históricos iniciais relacionados com a fabricação do sabão datam de 2800 a.C. na região da antiga Babilônia, onde era produzida uma mistura de aspecto pastoso feita de gordura animal e cinzas provenientes das fogueiras.

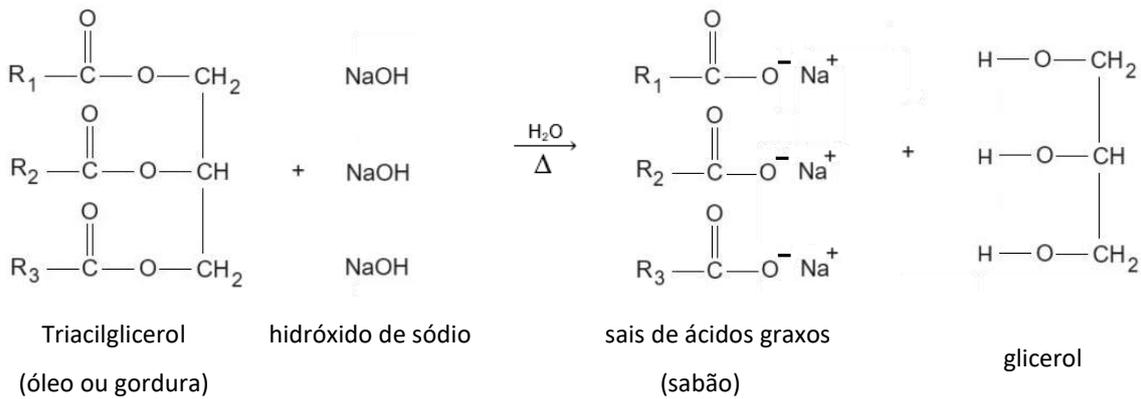
Segundo uma lenda romana antiga, a produção propriamente dita do sabão originou-se em uma localidade chamada Monte Sapo, uma região onde animais eram sacrificados e cremados. A água da chuva arrastava a gordura animal e as cinzas para as margens do Rio Tibre, onde as mulheres costumavam lavar suas roupas. Elas perceberam que suas roupas ficavam mais limpas com pouco esforço aplicado ao serem lavadas neste rio.

A produção do sabão foi sofrendo transformações com o passar dos séculos e esse material tornou-se artigo de luxo nos séculos XV e XVI. Ele passou a ser produzido em larga escala por indústrias europeias, especialmente na França e na Itália.

O sabão é produzido a partir da chamada de **reação de saponificação**, na qual há a reação de óleo ou gordura com substâncias alcalinas, resultando num sal orgânico (o sabão propriamente dito) e um álcool.

Óleos e gorduras são materiais classificados como lipídeos, sendo encontrados em tecidos animais ou vegetais. São constituídos por uma mistura de diversas substâncias, sendo as mais importantes os ácidos graxos e seus derivados.

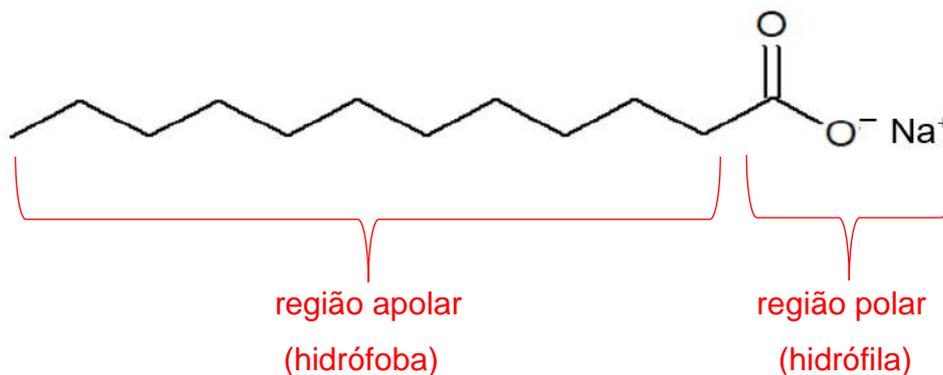
A equação química a seguir representa a reação de óleo ou gordura com hidróxido de sódio produzindo sabão e glicerol, também conhecido como glicerina.



O uso de hidróxido de potássio (KOH) ao invés de hidróxido de sódio, resulta num sabão mais solúvel em água, sendo empregado, por exemplo, em creme de barbear.

O sabão tem como característica ter uma estrutura longa que apresenta uma extremidade carregada eletricamente (que é solúvel em água) e a outra parte, composta por carbonos e hidrogênios, que solubiliza compostos apolares, como a sujeira e gorduras, formando **micelas**, que são pequenas cápsulas de gordura rodeadas por moléculas de sabão. Essas micelas são solúveis na água devido à extremidade polar do sabão, possibilitando a limpeza de um material utilizando-se água corrente.

Exemplo de estrutura de um sabão:



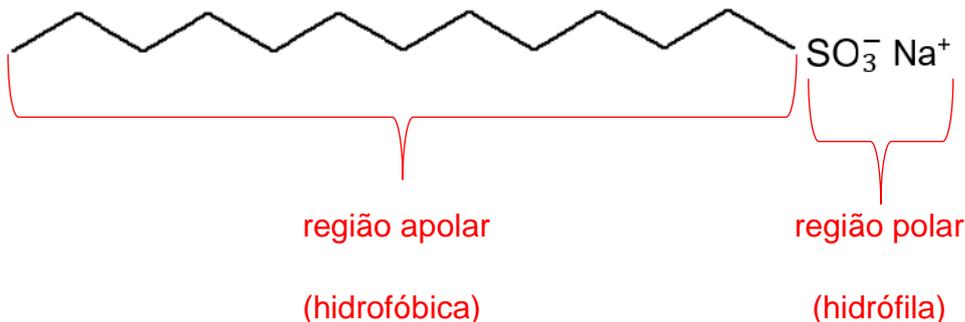
Quando o sabão entra em contato com **água dura**, ou seja, água com elevada concentração de sais de cálcio e magnésio, ocorre a formação de substâncias insolúveis na água o que diminui a eficiência do sabão.

Um **detergente** sintético também tem a função de limpeza e atua da mesma forma que um sabão. Tanto o detergente quanto o sabão apresentam estruturas com cadeias carbônicas longas, a diferença é que o sabão é um sal de ácido carboxílico e o detergente sintético é, na maioria das vezes, um sal que contém o ânion SO_3^- ou o cátion NH_3^+ .

O detergente é utilizado para reduzir a tensão superficial da água (**agente tensoativo**), o que facilita o contato com objetos que devem ser limpos. As grandes moléculas presentes no detergente ficam entre as moléculas de água e diminuem a atração entre elas. Por exemplo, uma lâmina de barbear é feita de aço, logo é mais densa que a água. Porém, este material flutua na água presente num recipiente devido à elevada tensão superficial do líquido. Se forem adicionadas gotas de detergente nesta água, a lâmina afundará, pois ocorrerá uma diminuição na tensão superficial da água.

A adição de detergente a uma mistura de líquidos imiscíveis, como por exemplo água e óleo de cozinha, possibilita a preparação de uma mistura estável e homogênea, pois suas moléculas possuem uma parte polar (hidrofílica), que atrai a água, e outra apolar (hidrofóbica), que atrai a substância apolar, como o óleo. Logo, detergente é um **agente emulsificante (ou surfactante)**, pois pode ser utilizado para aumentar a estabilidade de uma emulsão, tornando-a homogênea.

Exemplo de estrutura de um detergente:



Os detergentes têm a vantagem de sais insolúveis em águas duras o que não ocorre com os sabões.

Sabões e detergentes consumidos em indústrias e residências são descartados na rede de esgotos e acabam sendo direcionados para rios e lagos. Sabões são biodegradáveis, mas os detergentes podem ser biodegradáveis ou não.

Dados experimentais mostram que detergentes de cadeia normal são biodegradáveis, sendo consumidos por microrganismos presentes na água. Porém, os detergentes de cadeia ramificada, não são biodegradáveis podendo se acumular num rio ou lago, formando grande quantidade de espuma. Tal camada de espuma dificulta a entrada de gás oxigênio na água o que provoca a morte de seres aquáticos.

Os detergentes foram bastante consumidos nas décadas de 50 e 60, o que provocou a formação de enormes quantidades de espuma em rios. Tal fato chegou a impedir a navegação fluvial. Após os incidentes ocorridos com esses materiais, passou-se a produzir detergentes biodegradáveis.

Sabões e detergentes são prejudiciais para aves aquáticas. Elas possuem um revestimento oleoso em suas penas que as possibilitam boiar na água, impedindo que as mesmas fiquem encharcadas de água. Porém, se a água estiver contaminada por tais agentes surfactantes, a camada protetora de óleo pode ser removida, o que pode provocar o afogamento da ave.

QUESTÕES DO ENEM – UNIDADE 11

Questões e imagens retiradas das provas disponibilizadas no *síte* do Inep (<http://www.inep.gov.br>).

1. (Enem 2018) O petróleo é uma fonte de energia de baixo custo e de larga utilização como matéria-prima para uma grande variedade de produtos. É um óleo formado de várias substâncias de origem orgânica, em sua maioria hidrocarbonetos de diferentes massas molares. São utilizadas técnicas de separação para obtenção dos componentes comercializáveis do petróleo. Além disso, para aumentar a quantidade de frações comercializáveis, otimizando o produto de origem fóssil, utiliza-se o processo de craqueamento.

O que ocorre nesse processo?

- A) Transformação das frações do petróleo em outras moléculas menores.
- B) Reação de óxido-redução com transferência de elétrons entre as moléculas.
- C) Solubilização das frações do petróleo com a utilização de diferentes solventes.
- D) Decantação das moléculas com diferentes massas molares pelo uso de centrífugas.
- E) Separação dos diferentes componentes do petróleo em função de suas temperaturas de ebulição.

2. (Enem 2015) Um grupo de pesquisadores desenvolveu um método simples, barato e eficaz de remoção de petróleo contaminante na água, que utiliza um plástico produzido a partir do líquido da castanha de caju (LCC). A composição química do LCC é muito parecida com a do petróleo e suas moléculas, por suas características, interagem formando agregados com o petróleo. Para retirar os agrega dos da água, os pesquisadores misturam ao LCC nanopartículas magnéticas.

KIFFER, D. *Novo método para remoção de petróleo usa óleo de mamona e castanha de caju*. Disponível em: www.faperj.br. Acesso em: 31 jul. 2012 (adaptado).

Essa técnica considera dois processos de separação de misturas, sendo eles, respectivamente,

- A) flotação e decantação.
- B) decomposição e centrifugação.
- C) floculação e separação magnética.
- D) destilação fracionada e peneiração.
- E) dissolução fracionada e magnetização.

3. (Enem 2020) Em 2011, uma falha no processo de perfuração realizado por uma empresa petrolífera ocasionou derramamento de petróleo na bacia hidrográfica de Campos, no Rio de Janeiro.

Os impactos decorrentes desse derramamento ocorrem porque os componentes do petróleo

- A) reagem com a água do mar e sofrem degradação, gerando compostos com elevada toxicidade.
- B) acidificam o meio, promovendo o desgaste das conchas calcárias de moluscos e a morte de corais.
- C) dissolvem-se na água, causando a mortandade dos seres marinhos por ingestão da água contaminada.
- D) têm caráter hidrofóbico e baixa densidade, impedindo as trocas gasosas entre o meio aquático e a atmosfera.
- E) têm cadeia pequena e elevada volatilidade, contaminando a atmosfera local e regional em função dos ventos nas orlas marítimas.

4. (Enem 2020) Grandes reservatórios de óleo leve de melhor qualidade e que produz petróleo mais fino foram descobertos no litoral brasileiro numa camada denominada pré-sal, formada há 150 milhões de anos.

A utilização desse recurso energético acarreta para o ambiente um desequilíbrio no ciclo do

- A) nitrogênio, devido à nitrificação ambiental transformando amônia em nitrito.

- B) nitrogênio, devido ao aumento dos compostos nitrogenados no ambiente terrestre.
- C) carbono, devido ao aumento dos carbonatos dissolvidos no ambiente marinho.
- D) carbono, devido à liberação das cadeias carbônicas aprisionadas abaixo dos sedimentos.
- E) fósforo, devido à liberação dos fosfatos acumulados no ambiente marinho.

5. (Enem 2014) 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	Palmítico	Estearico	Oleico	Linoleico	Linolênico
	(C14:0)	(C16:0)	(C18:0)	(C18:1)	(C18:2)	(C18:3)
Milho	<0,1	11,7	1,9	25,2	60,6	0,5
Palma	1,0	42,8	4,5	40,2	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.

6. (Enem 2014) O potencial brasileiro para transformar lixo em energia permanece subutilizado — apenas pequena parte dos resíduos brasileiros é utilizada para gerar energia. Contudo, bons exemplos são os aterros sanitários, que utilizam a principal fonte de energia ali produzida. Alguns aterros vendem créditos de carbono com base no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), do Protocolo de Kyoto. Essa fonte de energia subutilizada, citada no texto, é o

- A) etanol, obtido a partir da decomposição da matéria orgânica por bactérias.
- B) gás natural, formado pela ação de fungos decompositores da matéria orgânica.
- C) óleo de xisto, obtido pela decomposição da matéria orgânica pelas bactérias anaeróbias.
- D) gás metano, obtido pela atividade de bactérias anaeróbias na decomposição da matéria orgânica.
- E) gás liquefeito de petróleo, obtido pela decomposição de vegetais presentes nos restos de comida.

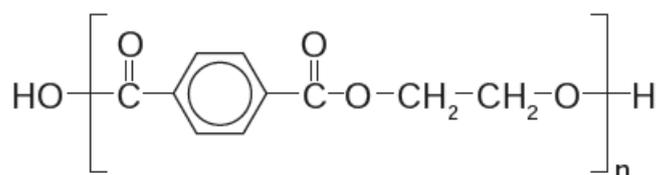
7. (Enem 2021) Com o aumento da população de suínos no Brasil, torna-se necessária a adoção de métodos para reduzir o potencial poluidor dos resíduos dessa agroindústria, uma vez que, comparativamente ao esgoto doméstico, os dejetos suínos são 200 vezes mais poluentes. Sendo assim, a utilização desses resíduos como matéria-prima na obtenção de combustíveis é uma alternativa que permite diversificar a matriz energética nacional, ao mesmo tempo em que parte dos recursos hídricos do país são preservados.

BECK, A. M. Resíduos suínos como alternativa energética sustentável. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais ENEGEP**, Foz do Iguaçu, 2007 (adaptado).

O biocombustível a que se refere o texto é o

- A) etanol.
- B) biogás.
- C) butano.
- D) metanol.
- E) biodiesel.

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

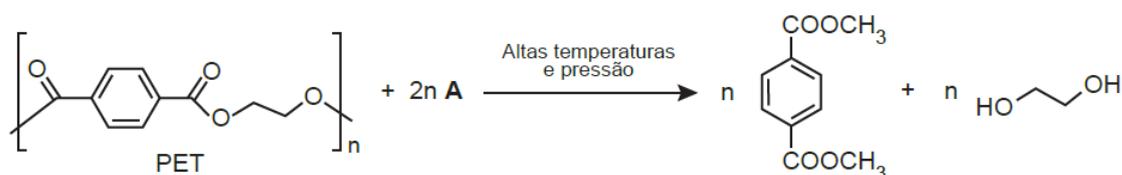


Disponível em: www.abipet.org.br. Acesso em: 27 fev. 2012 (adaptado).

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.

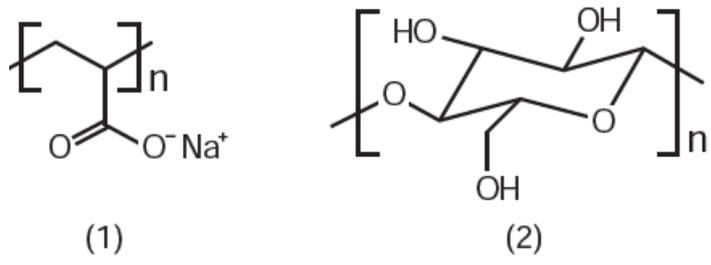
9. (Enem 2019) Uma das técnicas de reciclagem química do polímero PET [poli(tereftalato de etileno)] gera o tereftalato demetila e o etanodiol, conforme o esquema de reação, e ocorre por meio de uma reação de transesterificação.



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

- A) metano.
- B) metanol.
- C) éter metílico.
- D) ácido etanoico.
- E) anidrido etanoico.

10. (Enem 2013) As fraldas descartáveis que contêm o polímero poliacrilato de sódio (1) são mais eficientes na retenção de água que as fraldas de pano convencionais, constituídas de fibras de celulose (2).

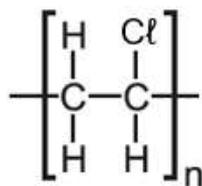


CURI, D. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 23, maio 2006 (adaptado).

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

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

11. (Enem 2020) Nos dias atuais, o amplo uso de objetos de plástico gera bastante lixo, que muitas vezes é eliminado pela população por meio da queima. Esse procedimento é prejudicial ao meio ambiente por lançar substâncias poluentes. Para constatar esse problema, um estudante analisou a decomposição térmica do policloreto de vinila (PVC), um tipo de plástico, cuja estrutura é representada na figura.



Policloreto de vinila (PVC)

Para realizar esse experimento, o estudante colocou uma amostra de filme de PVC em um tubo de ensaio e o aqueceu, promovendo a decomposição térmica. Houve a liberação majoritária de um gás diatômico heteronuclear que foi recolhido em um recipiente acoplado ao tubo de ensaio. Esse gás, quando borbulhado em solução alcalina diluída contendo indicador ácido-base, alterou a cor da solução. Além disso, em contato com uma solução aquosa de carbonato de sódio (Na_2CO_3), liberou gás carbônico.

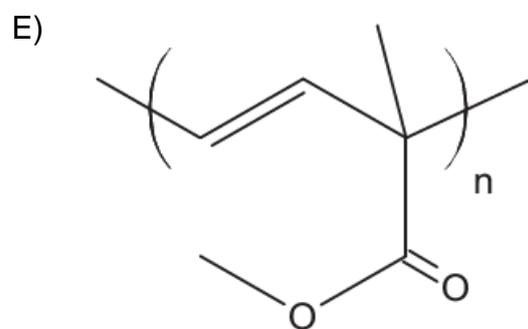
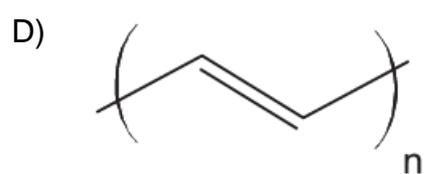
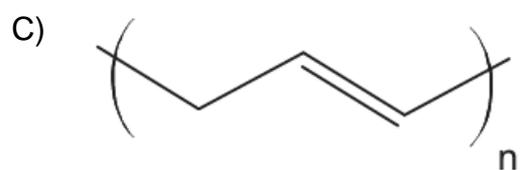
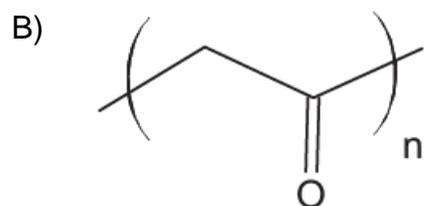
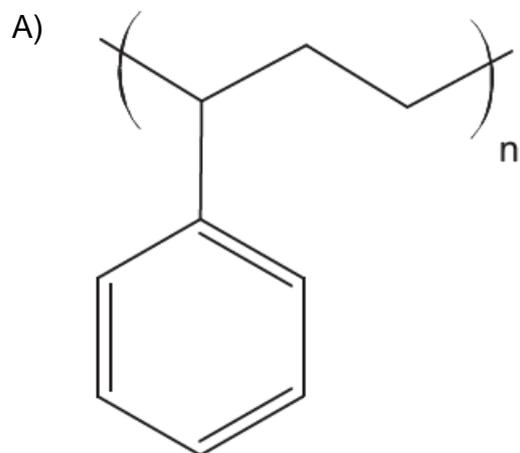
Qual foi o gás liberado majoritariamente na decomposição térmica desse tipo de plástico?

- A) H_2
- B) Cl_2
- C) CO
- D) CO_2
- E) HCl

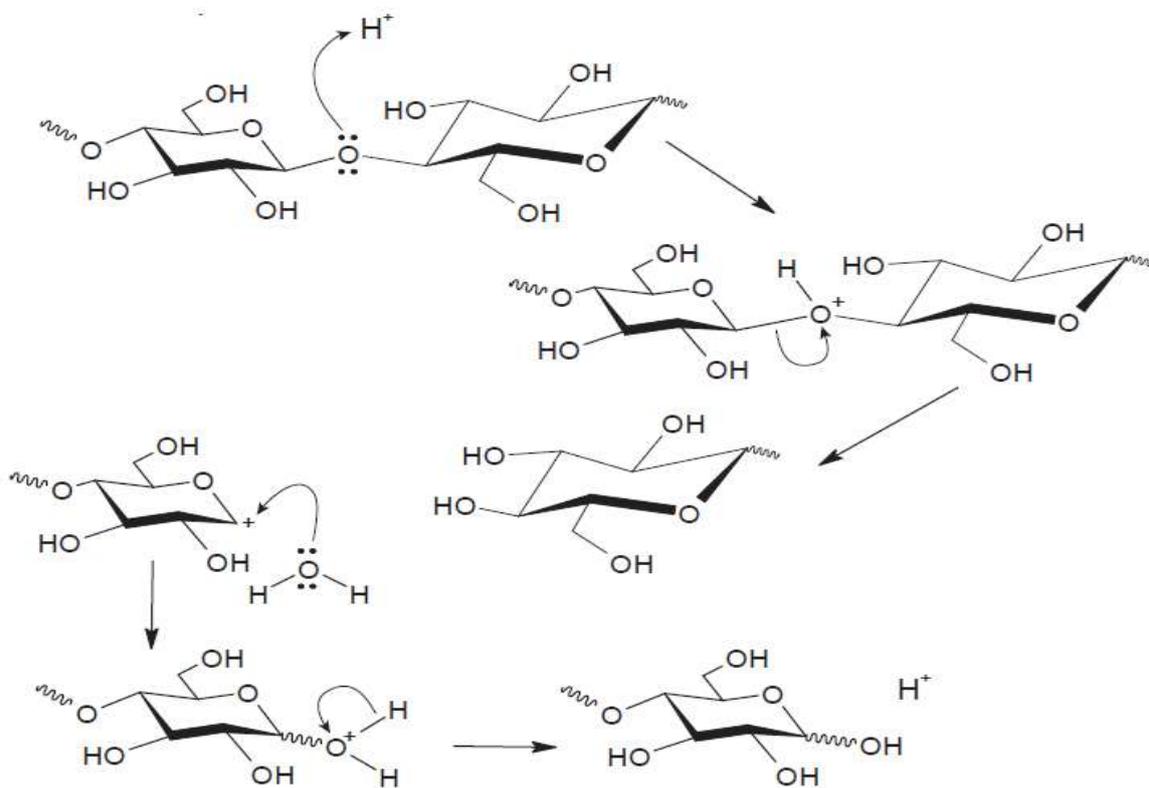
12. (Enem 2021) O Prêmio Nobel de Química de 2000 deve-se à descoberta e ao desenvolvimento de polímeros condutores. Esses materiais têm ampla aplicação em novos dispositivos eletroluminescentes (LEDs), células fotovoltaicas etc. Uma propriedade-chave de um polímero condutor é a presença de ligações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

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

Um exemplo desse polímero é representado pela estrutura



13. (Enem 2022) A biomassa celulósica pode ser utilizada para a produção de etanol de segunda geração. Entretanto, é necessário que os polissacarídeos sejam convertidos em mono e dissacarídeos, processo que pode ser conduzido em meio ácido, conforme mostra o esquema:



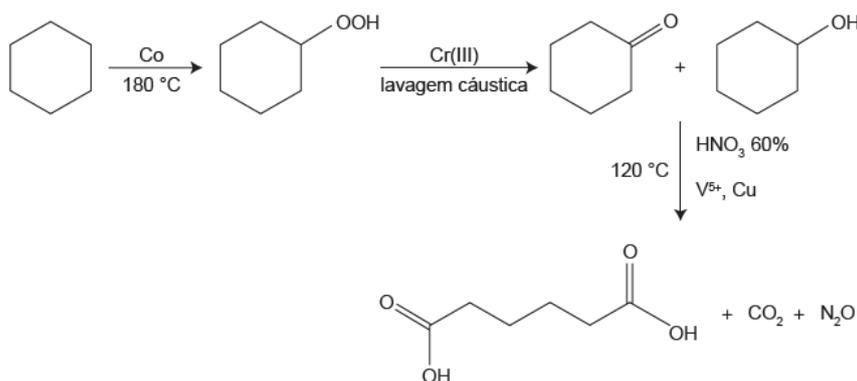
OGEDA, T. L.; PETRI, D. F. S. [...] **Química Nova**, n. 7, 2010 (adaptado).

Nessa conversão de polissacarídeos, a função do íon H^+ é

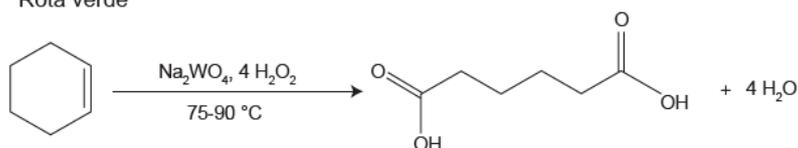
- A) dissolver os reagentes.
- B) deslocar o equilíbrio químico.
- C) aumentar a velocidade da reação.
- D) mudar a constante de equilíbrio da reação.
- E) formar ligações de hidrogênio com o polissacarídeo.

14. (Enem 2015) A química verde permite o desenvolvimento tecnológico com danos reduzidos ao meio ambiente, e encontrar rotas limpas tem sido um grande desafio. Considere duas rotas diferentes utilizadas para a obtenção de ácido adípico, um insumo muito importante para a indústria têxtil e de plastificantes.

Rota tradicional (marrom)



Rota verde



LENARDÃO, E. J. et al. Green chemistry – os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, n. 1, 2003 (adaptado).

Que fator contribui positivamente para que a segunda rota de síntese seja verde em comparação à primeira?

- A) Etapa única na síntese.
- B) Obtenção do produto puro.
- C) Ausência de reagentes oxidantes.
- D) Ausência de elementos metálicos no processo.
- E) Gasto de energia nulo na separação do produto.

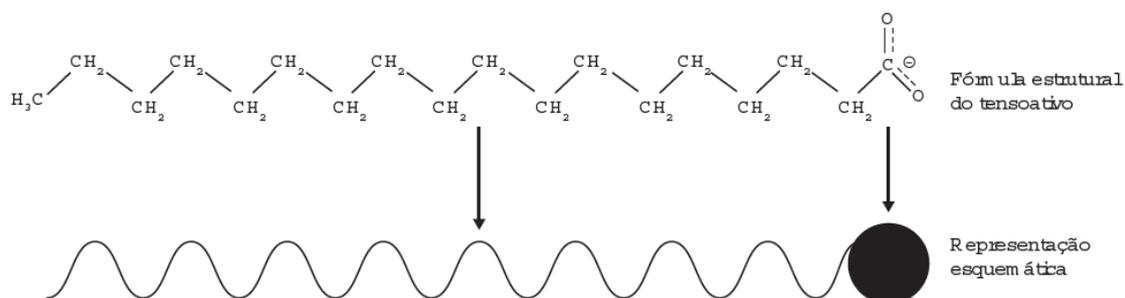
15. (Enem 2014) A capacidade de limpeza e a eficiência de um sabão dependem de sua propriedade de formar micelas estáveis, que arrastam com facilidade as moléculas impregnadas no material a ser limpo. Tais micelas têm em sua estrutura partes capazes de interagir com substâncias polares, como a água, e partes que podem interagir com substâncias apolares, como as gorduras e os óleos.

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

A substância capaz de formar as estruturas mencionadas é:

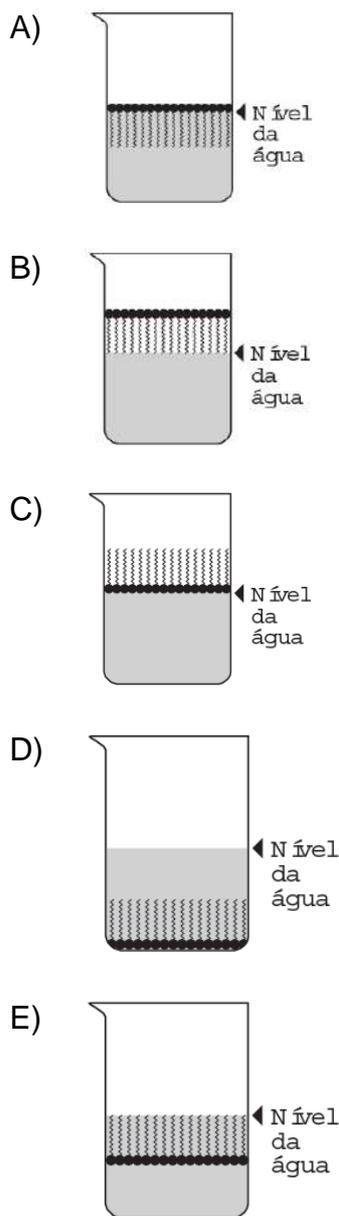
- A) C₁₈H₃₆
- B) C₁₇H₃₃COONa
- C) CH₃CH₂COONa
- D) CH₃CH₂CH₂COOH
- E) CH₃CH₂CH₂CH₂OCH₂CH₂CH₂CH₃

16. (Enem 2016) Os tensoativos são compostos capazes de interagir com substâncias polares e apolares. A parte iônica dos tensoativos interage com substâncias polares, e a parte lipofílica interage com as apolares. A estrutura orgânica de um tensoativo pode ser representada por:



Ao adicionar um tensoativo sobre a água, suas moléculas formam um arranjo ordenado.

Esse arranjo é representado esquematicamente por:

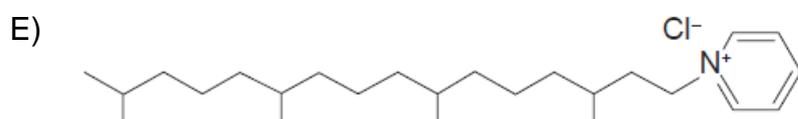
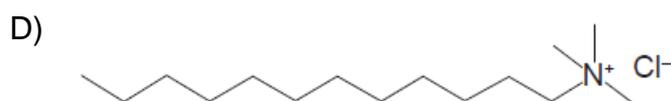
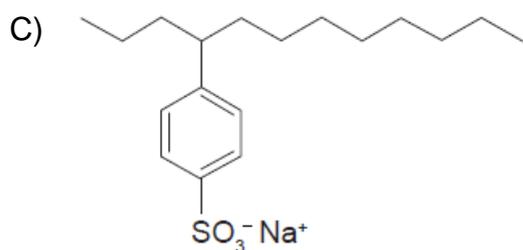
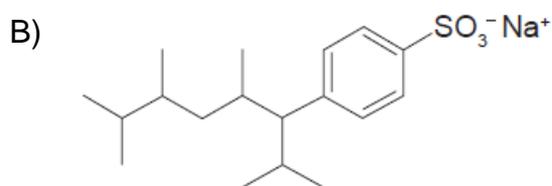
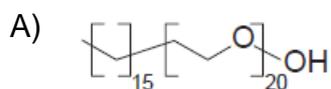


17. (Enem 2018) Tensoativos são compostos orgânicos que possuem comportamento anfifílico, isto é, possuem duas regiões, uma hidrofóbica e outra hidrofílica. O principal tensoativo aniônico sintético surgiu na década de 1940 e teve grande aceitação no mercado de detergentes em razão do melhor desempenho comparado ao do sabão. No entanto, o uso desse produto provocou grandes problemas ambientais, dentre eles a resistência à degradação biológica, por causa dos diversos carbonos terciários na cadeia que compõe a porção hidrofóbica desse tensoativo aniônico. As ramificações na cadeia dificultam sua degradação, levando à persistência no meio ambiente por longos

períodos. Isso levou a sua substituição na maioria dos países por tensoativos biodegradáveis, ou seja, com cadeias alquílicas lineares.

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

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



18. (Enem 2021) A simples atitude de não jogar direto no lixo ou no ralo da pia o óleo de cozinha usado pode contribuir para a redução da poluição ambiental. Mas o que fazer com o óleo vegetal que não será mais usado? Não existe um modelo ideal de descarte, mas uma alternativa simples tem sido reaproveitá-lo para fazer sabão. Para isso, são necessários, além do próprio óleo, água e soda cáustica.

LOBO, I. **Sabão feito com óleo de cozinha**. Disponível em: <http://pga.pgr.mpf.gov.br>. Acesso em: 29 fev. 2012 (adaptado).

Com base no texto, a reação química que permite o reaproveitamento do óleo vegetal é denominada

- A) redução.
- B) epoxidação.
- C) substituição.
- D) esterificação.
- E) saponificação.

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

Essa intervenção produz resultados positivos para o ambiente porque

- A) promove uma reação de substituição no hidrocarboneto, tornando-o menos letal ao ambiente.
- B) a hidrólise do para-dodecil-benzenossulfonato de sódio produz energia térmica suficiente para vaporizar o hidrocarboneto.

- C) a mistura desses reagentes provoca a combustão do hidrocarboneto, o que diminui a quantidade dessa substância na natureza.
- D) a solução de para-dodecil-benzenossulfonato possibilita a solubilização do hidrocarboneto.
- E) o reagente adicionado provoca uma solidificação do hidrocarboneto, o que facilita sua retirada do ambiente.

20. (Enem 2020) A enorme quantidade de resíduos gerados pelo consumo crescente da sociedade traz para a humanidade uma preocupação socioambiental, em especial pela quantidade de lixo produzido. Além da reciclagem e do reuso, pode-se melhorar ainda mais a qualidade de vida, substituindo polímeros convencionais por polímeros biodegradáveis.

Esses polímeros têm grandes vantagens socioambientais em relação aos convencionais porque

- A) não são tóxicos.
- B) não precisam ser reciclados.
- C) não causam poluição ambiental quando descartados.
- D) são degradados em um tempo bastante menor que os convencionais.
- E) apresentam propriedades mecânicas semelhantes aos convencionais.

RESOLUÇÕES DAS QUESTÕES DO ENEM

Unidade 2

1. B

Na figura, parece que cada átomo de carbono está fazendo um número menor de ligações covalentes que as quatro ligações realizadas por ele. Porém, as ligações duplas foram omitidas, ou seja, o grafeno possui em sua estrutura todos os carbonos com ligação dupla, caracterizando a hibridização do tipo sp^2 e, em consequência, geometria trigonal plana.

2. A

Como a molécula da opção A só possui carbonos com hibridação sp^3 , sua geometria não é plana, pois as ligações de átomos de carbono com este tipo de hibridação formam uma estrutura espacial tetraédrica.

3. A

O carbono quaternário é o carbono que se liga diretamente a 4 outros átomos de carbono. Tal tipo de carbono está localizado nas mãos do Nanokid.

Unidade 4

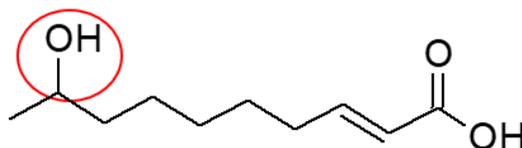
1. A

A molécula apresentada na opção A é única que satisfaz as características citadas no enunciado, ou seja, tem cadeia poli-insaturada (com mais de uma insaturação) e o grupo hidroxila (-OH) em carbono terminal, uma vez que ela possui duas ligações duplas e uma hidroxila ligada a um carbono primário.

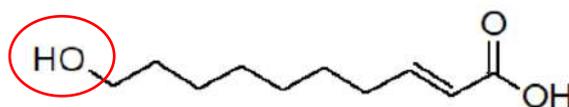
2. A

A hidroxila se encontra em posições diferentes nas estruturas dos sinalizadores das abelhas rainha e operária. Observe:

- ácido 9-hidroxic-2-enoico presente na abelha rainha:



- ácido 10-hidroxic-2-enoico presente na abelha operária:

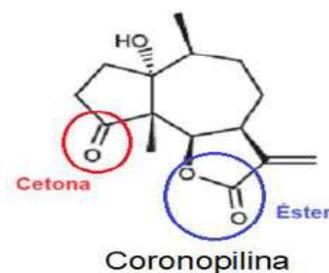
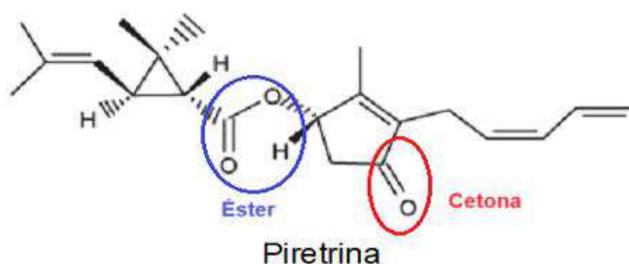


3. A

Cadeias conjugadas são aquelas que possuem ligações duplas intercaladas com ligações simples. Os elétrons das ligações duplas de moléculas das substâncias usadas como corantes se movem pela estrutura, absorvendo energia de determinada cor e refletindo uma coloração complementar.

4. B

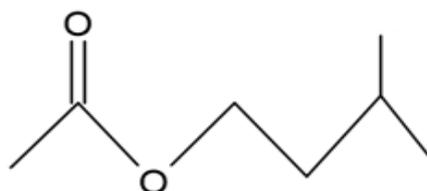
As duas moléculas possuem o grupo funcional carbonila em carbono secundário, que caracteriza as cetonas, e o grupo carboxilato que é característico da função éster.



Unidade 5

1. B

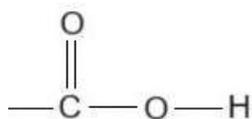
Cadeia carbônica saturada é aquela que só possui ligações simples entre carbonos. O acetato de isoamila presente na banana é um éster e apresenta somente ligações simples entre os átomos de carbono.



acetato de isoamila

2. B

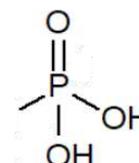
De acordo com o texto, o glifosato possui os grupos funcionais carboxilato, amino e fosfonato:



carboxila ou carboxilato

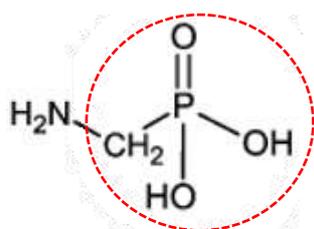


amino

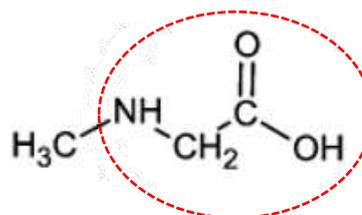


fosfonato

Os produtos da degradação são o ácido aminometilfosfônico (AMPA) e o N-metilglicina (sarcosina):

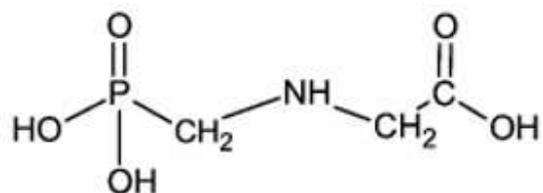


Ácido aminometilfosfônico



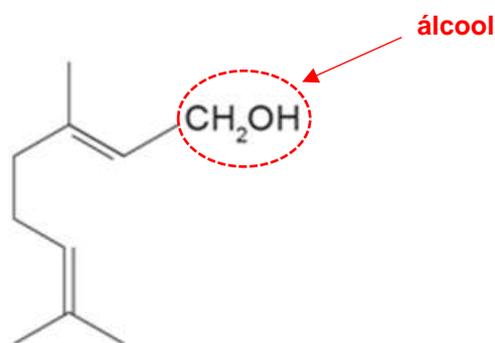
N-metilglicina-sarcosina

Portanto, a estrutura química que representa o glifosato é:

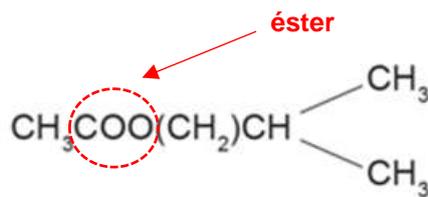


3. A

As funções orgânicas presentes nos compostos A e B são álcool e éster, respectivamente.



Composto A



Composto B

Unidade 6

1. A

Com a proibição do uso de CFC, os gases isobutano, butano e propano são exemplos de substâncias que passaram a ser utilizadas em sua substituição.

Unidade 7

1. A

No ácido 9-hidroxic-2-enoico há um grupo hidroxila no carbono 9, enquanto que no ácido 10-hidroxic-2-enoico há um grupo hidroxila no carbono 10. Ambas as substâncias possuem a mesma fórmula molecular e diferem entre si na posição do grupo hidroxila, logo há diferença em suas estruturas.

2. A

O enunciado diz que a substância correta tem fórmula molecular é $C_{10}H_{16}O$, sua cadeia principal tem oito carbonos, apresenta duas insaturações, nos carbonos 2 e 6, tem dois grupos substituintes metila, nos carbonos 3 e 7 e a estrutura representada deve ser a trans.

3. E

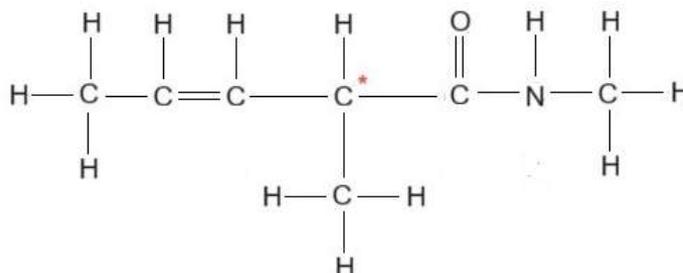
O bombicol possui isomeria geométrica, assim como a molécula do feromônio utilizado no controle do *Scrobipalpuloidea absoluta*.

4. B

Observe no centro da molécula dois átomos de nitrogênio conectados por uma ligação dupla. No processo, a inclinação da lâmina metálica, mostra que o isômero cis é mais compacto.

5. B

A molécula que se enquadra deve ter carbono quiral, cadeia insaturada, heterogênea e ramificada. A fórmula estrutural plana da molécula do item b é a seguinte:



6. C

As duas substâncias possuem a mesma fórmula molecular ($C_{33}H_{36}N_4O_6$), porém as suas cadeias carbônicas são diferentes.

7. C

Substâncias que possuem o anel benzênico são aromáticas.

Unidade 8**1. E**

A curva que apresenta a taxa média de aquecimento mais próxima de zero é a de uma substância apolar, que dentre os exemplos é a do hexano (hidrocarboneto).

2. D

As moléculas da fração 4 possuem maior o número de átomos de carbono em suas estruturas, então há maiores são as superfícies de contato entre elas, aumentando a intensidade das suas interações intermoleculares. Tal fato faz com que suas temperaturas de ebulição sejam maiores.

3. E

Na primeira separação ocorre adição de solvente apolar (éter etílico), então o óleo de linhaça (apolar) fica no extrato da fase orgânica que, ao sofrer destilação não passa para o estado gasoso, por ter massa molecular elevada. Logo, ele é o resíduo 4.

4. D

O carvão ativado e benzeno são materiais apolares, logo realizam ligação dipolo induzido-dipolo induzido no processo de adsorção.

5. B

No Brasil, para diminuir o poder de explosão da gasolina (aumentar sua octanagem) utilizada nos automóveis, ela é misturada com certa quantidade de etanol. O etanol se dissolve na gasolina (apolar) em virtude de suas moléculas terem uma parte apolar na estrutura. A mistura entre água e sal é muito polar, e ao ser adicionada à gasolina com álcool, extrai todo o álcool, pois a parte polar do etanol se sobressai, fazendo com que as moléculas de álcool sejam atraídas com mais força pela solução salina se separando da gasolina.

6. C

A vitamina que necessita de maior suplementação diária deve ser a mais solúvel em água, ou seja, aquela que apresenta maior quantidade de hidroxilas, que no caso é a vitamina C.

7. E

As duas substâncias formadas (fenol e acetona) são líquidos polares, logo formam uma mistura homogênea. O processo utilizado para separar os componentes de uma mistura homogênea entre líquidos é a destilação fracionada. Neste processo, a separação ocorre pela diferença na temperatura de ebulição. O líquido de menor temperatura de ebulição passa para o estado gasoso primeiro se separando da outra substância. Neste caso, a propanona possui temperatura de ebulição menor, pois suas ligações intermoleculares (ligações dipolo-dipolo) são mais fracas que as do fenol (ligações de hidrogênio).

8. A

Tecidos lipídicos contém células que armazenam gorduras (apolares). As substâncias organocloradas possuem baixa polaridade, logo elas têm afinidade por tais tecidos, possibilitando a acumulação de tais compostos nessa região.

9. B

O enunciado informa que o spray de pimenta atinge os olhos ou a pele, a lavagem da região atingida com água é ineficaz. Então, a água não consegue remover ou dissolver o spray de pimenta, pois ambos têm polaridades diferentes.

10. D

Substâncias apolares são lipofílicas, quando X é o H ou o grupo — CH₃, a molécula tem um caráter apolar maior do que quando X é o grupo — OH que confere polaridade à molécula.

11. D

A substância presente na mistura que migra mais lentamente é aquela que tem maior afinidade pela fase estacionária que contém uma mistura polar. Logo, tal substância deve ser a mais polar. Dentre as substâncias apresentadas, a capsorubina é a mais polar, pois tem mais hidroxilas.

12. E

Segundo os dados apresentados, o acetato de etila é pouco solúvel em água, formando uma mistura heterogênea com ela. Tal substância também é menos densa que a água, uma vez que sua massa específica (ou densidade) é igual a 0,9 g/cm³, enquanto que a água possui densidade aproximadamente igual a 1 g/cm³ em condições ambientes. Então, numa mistura entre essas duas substâncias, o acetato de etila fica na parte superior. O processo utilizado para separar os componentes de uma mistura heterogênea entre dois líquidos por diferença de densidade é a decantação.

Unidade 9**1. C**

O hidróxido de sódio (NaOH) é uma base e reage com substâncias ácidas, ou seja, o uso deste reagente alcalino possibilita ocorrer reação de neutralização com um pesticida de caráter ácido. Observando as substâncias listadas, a representada pelo número III possui hidroxila ligada diretamente anel aromático, o que corresponde à função fenol, cujo caráter é ácido.

2. E

A piridina é uma amina, logo tem caráter básico. Ela pode ser neutralizada por uma substância de caráter ácido, no caso o ácido acético (ácido etanoico). A reação de neutralização entre o ácido carboxílico e a amina, produz um sal que não possui odor desagradável.

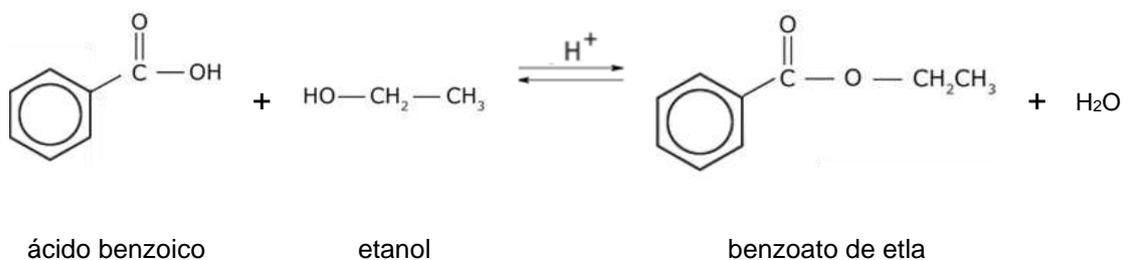
3. C

Em pH ácido (pH menor que 7), o grupo -COOH (caráter ácido) está sem o cátion H^+ , que é liberado em solução e o grupo -NH_2 , que possui caráter alcalino, atrai o H^+ , formando o -NH_3^+ .

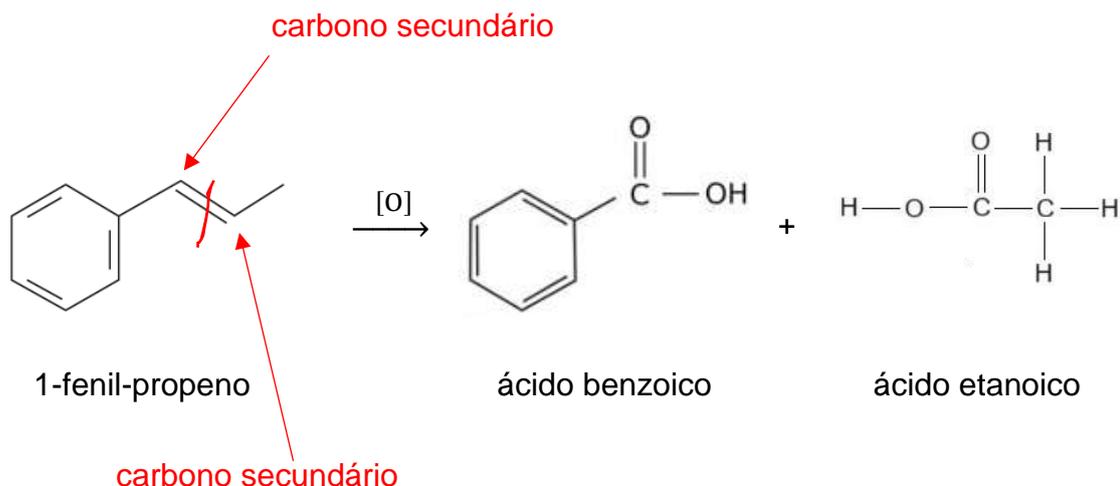
Unidade 10

1. A

A reação entre um ácido carboxílico e um álcool produz um éster e água. Logo, observando a reação abaixo, podemos concluir que os reagentes são ácido benzoico e etanol.

**2. A**

O enunciado cita que há a formação de dois ácidos carboxílicos, Logo, se trata de uma reação de oxidação enérgica. Dessa forma, o uso do permanganato de potássio irá quebrar a ligação dupla e ocorrerá a formação de dois ácidos, conforme reação a Seguin:



3. A

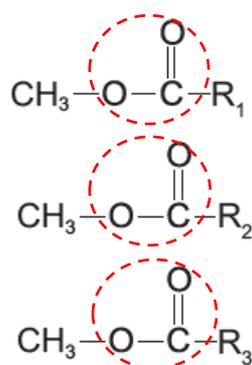
Como foi apresentado na equação, basta substituir R — X por brometo de metila (R-X = CH₃ — Br) e Nu⁻ por CH₃O⁻ e por semelhança a reação genérica acima, realizar as trocas.

Lembrando que: R = grupo alquila (grupo orgânico) e X = halogênio (grupo 17 da tabela periódica)



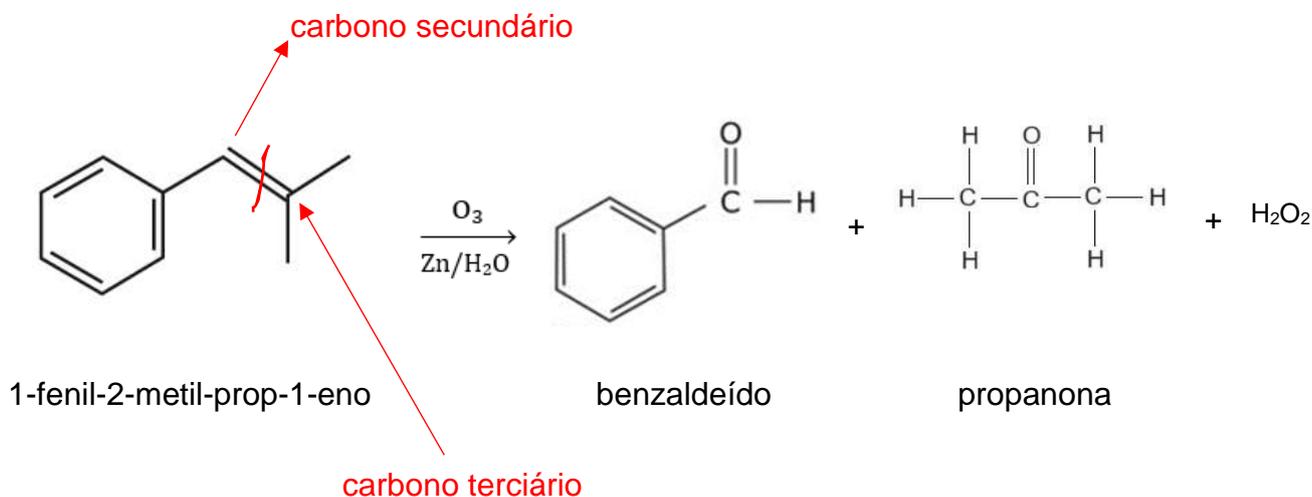
4. B

Observa-se a presença do grupo carboxilato (circulado na figura) ligado a grupos orgânicos nas moléculas do biodiesel. Isso caracteriza a função orgânica éster.



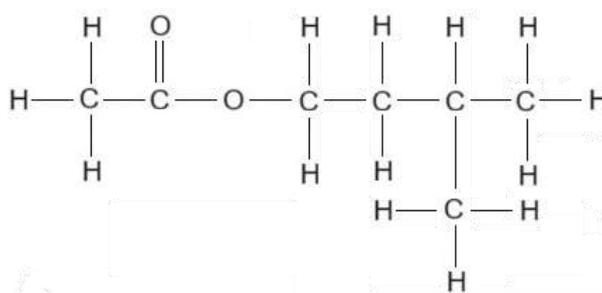
5. A

A ozonólise do 1-fenil-2-metil-prop-1-eno ocorre segundo a equação química:



6. B

O comando da questão afirma ser um éster derivado do ácido etanoico ou ácido acético. Portanto, o nome do éster deve iniciar com etanoato ou acetato. O enunciado diz que o éster tem cadeia carbônica saturada, então somente o acetato de isoamila (aroma de banana) está de acordo com o enunciado, pois o acetato de benzila possui um anel aromático, que é uma cadeia carbônica insaturada.



acetato de isoamila

7. B

Na reação de ozonólise, o ozônio atua como agente oxidante, ou seja, provoca a oxidação de carbono presente em substância orgânica.

Unidade 11**1. A**

O craqueamento do petróleo é o processo utilizado para se quebrar moléculas maiores de uma determinada fração em moléculas menores.

2. C

Os aglomerados também são chamados de flocos e são formados no processo denominado floculação. A ajuda na separação ocorre com a adição de nanopartículas magnéticas que se juntam aos flocos e podem ser removidos por um processo chamado de separação magnética ou imantação.

3. D

O petróleo é insolúvel em água e apresenta densidade menor que ela, logo ele flutua na água e forma uma camada que dificulta as trocas gasosas entre o meio aquático e a atmosfera.

4. D

O petróleo é composto principalmente de hidrocarbonetos cujas estruturas contém o elemento químico carbono. A extração deste material provoca um desequilíbrio no ciclo natural do carbono, pois são retiradas substâncias contendo cadeias carbônicas que estavam aprisionadas.

5. B

Os ácidos graxos saturados são identificados pelo número zero ao lado da quantidade de carbonos. Portanto, na tabela C14:0, C16:0 e C18:0 apresentam-se como saturados e o restante como insaturados. Somando os dados das três primeiras colunas verifica-se que o óleo de palma tem o maior teor de ácidos graxos saturados.

6. D

Os aterros sanitários servem para armazenar lixo orgânico. Nestes locais, bactérias anaeróbicas (que vivem sem gás oxigênio) decompõem a matéria orgânica, produzindo metano, que faz parte do biogás, utilizado como combustível.

7. B

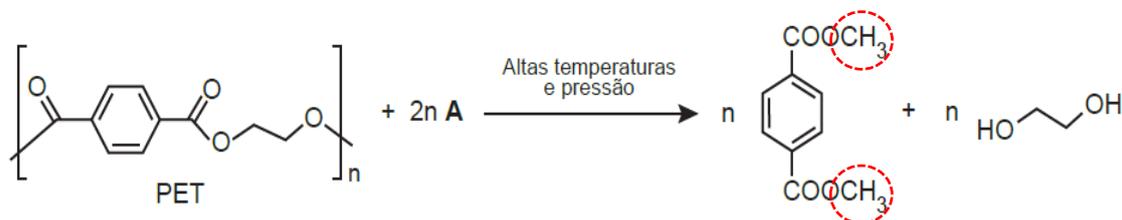
O processo de decomposição anaeróbia dos dejetos suínos libera o gás metano (CH₄), o principal componente do biogás.

8. D

O etilenoglicol é um álcool que pode ser obtido pela hidrólise de um éster. O polímero apresentado é um poliéster formado pela reação de polimerização entre o ácido tereftálico e o etilenoglicol. Logo, a sua hidrólise produz novamente as substâncias que lhe deram origem.

9. B

A reação de transesterificação ocorre entre um éster e um álcool, com formação de um novo éster e álcool. Observe que as partes circuladas na imagem abaixo vieram de moléculas do álcool, que neste caso é o metanol (só tem 1 átomo de carbono em sua molécula).

**10. E**

A substância iônica poliacrilato de sódio se dissolve em água formando interações do tipo íon-dipolo. Elas são mais fortes que as ligações de hidrogênio realizadas entre as moléculas de celulose e as da água. Portanto, as estruturas do poliacrilato de sódio atraem mais as moléculas de água, resultando numa maior absorção.

11. E

A espécie liberada após a decomposição do PVC era um gás diatômico (possui dois átomos) e heteronuclear (formada por dois núcleos atômicos diferentes). Além disso, esse gás tinha características ácidas, pois era capaz de neutralizar uma solução alcalina. Como o cloreto de polivinila apresenta em sua estrutura carbono, hidrogênio e cloro, a substância formada em sua decomposição só pode ser o cloreto de hidrogênio (HCl).

12. D

O polímero considerado deve ter em sua estrutura ligações duplas conjugadas, ou seja, ligação dupla seguida de uma ligação simples e assim por diante. Isso ocorre no polímero do item D.

13. C

O cátion H^+ forma um complexo ativado e no final se regenera, ou seja, ele funciona como um catalisador que aumenta a velocidade da reação.

14. A

A redução do número de etapas num processo industrial reduz a quantidade de resíduos e substâncias nocivas produzida.

15. B

O sabão é um sal orgânico que possui moléculas com cadeia longa de carbonos contendo uma parte iônica (polar) em uma de suas extremidades. Há duas opções que apresentam sais orgânicos (B e C), porém a estrutura da opção B possui 17 átomos de carbono na cadeia, sendo bem longa.

16. C

A região polar do tensoativo fica ligada na água (polar) e a região apolar fora da mesma.

17. B

O tensoativo de cadeia ramificada não é biodegradável persistindo no ambiente. Na opção B há a estrutura de um tensoativo deste tipo.

18. E

O óleo vegetal pode ser reaproveitado fazendo-o reagir com uma base para produzir sabão. Esta é a chamada reação de saponificação.

19. D

O para-dodecil-benzenossulfonato de sódio apresenta em sua fórmula estrutural uma região polar e outra apolar. Os hidrocarbonetos são substâncias apolares, logo são atraídos para a região apolar do agente tensoativo, possibilitando a posterior remoção dos contaminantes.

20. D

Quando um polímero biodegradável é descartado no ambiente, ele é degradado mais rapidamente por microrganismos, por outro lado um polímero não biodegradável permanece mais tempo no meio ambiente, gerando um problema ambiental maior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, A. B., SILVA, R. R. Xampus, **Química nova na escola**, São Paulo, novembro 1995.
- BARBOSA, L. C. A. **Introdução à química orgânica**. São Paulo: Prentice-Hall, 2009.
- BATISTA, A., FARIA, F. L., BRONDANI, P. B. A Química do Petróleo: a utilização de vídeos para o ensino de Química no Nível Médio, **Química nova na escola**, São Paulo ,43, 237-245, agosto 2020.
- BRUICE, Paula Yurkanis. **Química Orgânica**. 4.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- CHASSOT, A. I. Alquimiando a Química, **Química nova na escola**, São Paulo ,1, 20-22, maio 1995.
- JUNIOR, A. I. D., SILVA, J.R.R.T. Isômeros, Funções Orgânicas e Radicais Livres: Análise da Aprendizagem de Alunos do Ensino Médio Segundo a Abordagem CTS, **Química nova na escola**, São Paulo, 38, 60-69, FEVEREIRO 2016.
- KOBE, K. A., McKETTA Jr., J.J., **Advances in Petroleum Chemistry and Refining**, vol.1, Interscience Publishers, Inc., New York, 1958.
- MATIAS, E. F. Proposta e análise de uma sequencia didática investigativa com foco no estudo das questões químicas e sociais relacionadas às bebidas alcoólicas. Universidade Federal de Viçosa, MG, 2020.

- MORRISON, R. BOYD, R. Química Orgânica. 13 ed. Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.
- OLIVEIRA, F. C. C., SUAREZ, P. A. Z. Biodiesel: Possibilidades e Desafios, **Química nova na escola**, São Paulo ,28, 3-8, maio 2008.
- SANTA MARIA, L. C., AMORIM, M. C. V., AGUIAR, M. R. M. P., SANTOS, Z. A. M., CASTRO, P. S. C. B. G., BALTHAZAR, R. G. Petróleo: um tema para o ensino de Química, **Química nova na escola**, São Paulo ,15, 19-23, maio 2002.
- SILVA, R. C. F., SOUZA, V. C. A. investigação das habilidades e competências trazidas nas questões de química do Enem 2009-2017 a partir da análise de conteúdo. Revista Ciências & Ideias, Vol.9, n.3, p.125-139, 2018.
- SOLOMONS, T.W. Graham; FRYHLE, Craig B. Química orgânica. V.1. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- TOLENTINO, M., ROCHA-FILHO, F. C. A Química no efeito estufa, **Química nova na escola**, São Paulo ,8, 10-14, novembro 1998.
- UCKLO, D. A. Química para as ciências da saúde. 2.ed. Manole, 1992.
- VERANI, C. N., GONÇALVES, D. R., NASCIMENTO, M.G. Sabões e detergentes como tema organizador de aprendizagens no ensino médio, **Química nova na escola**, São Paulo ,12, 15-19, novembro 2000.

Sítios da Internet: disponíveis em 01/12/2023.

- <https://www.bbc.com/portuguese/geral-42498769>
- <https://minhasaude.proteste.org.br/escova-progressiva-teste-encontra-alta-concentracao-de-formol-em-produtos/>



Distribuição gratuita - comercialização proibida

