

## 1

# O carbono e seus compostos

## NESTA UNIDADE

- 1 Carbono e cadeias carbônicas
- 2 Isomeria: compostos diferentes, mesma composição

A palavra “orgânico” está cada vez mais presente em nosso dia a dia. Os produtos orgânicos foram além dos alimentos e hoje podemos encontrar até roupas produzidas a partir de algodão orgânico. Mas o que exatamente significa essa informação? Por que esse tipo de produto é chamado assim?

A Química Orgânica é uma área da Química que estuda os compostos de carbono, como os derivados de petróleo, ácidos orgânicos, açúcares, macromoléculas, entre outros.

Nesta unidade, serão iniciados os estudos sobre a matéria orgânica, abordando sua história, sua evolução, suas principais características e aplicações.

Trata-se, basicamente, do estudo dos compostos de um elemento bastante conhecido de todos nós — o carbono.

---

## QUESTÕES PARA REFLETIR

1. Em alguns supermercados é possível encontrar alimentos chamados “orgânicos”. Seria correto considerar alimentos não classificados dessa maneira de “inorgânicos”?
2. O fato de um composto ser feito de carbono, faz com que este seja considerado facilmente degradável?

*Imagem da página ao lado:*

Algodão orgânico colorido desenvolvido pela Embrapa. Campina Grande (PB). Foto de 2014. Em destaque, camiseta produzida com algodão orgânico.



## 1

# Carbono e cadeias carbônicas

**O QUE VOCÊ  
VAI ESTUDAR**

Introdução  
à Química  
Orgânica.

O carbono e  
as ligações  
covalentes.

Carbono  
e cadeias  
carbônicas.

Algumas  
características  
dos compostos  
orgânicos.



Plantação de algodão no Tocantins. Foto de 2015.

Usualmente o termo orgânico vem sido utilizado para designar sistemas sustentáveis de agricultura que não permitem o uso de produtos químicos sintéticos prejudiciais para a saúde humana e para o meio ambiente. Entretanto, a química orgânica estuda os compostos que contêm átomos de carbono em sua constituição. Logo, para os químicos, todo algodão é orgânico, pois, assim como outras fibras vegetais, o algodão consiste em 90% de celulose, que é um polímero de glicose (várias moléculas de glicose unidas). Muitas das características que fazem do algodão um tecido tão desejável se devem à estrutura desse polímero.

Assim como no algodão, o carbono está presente nos alimentos, nos combustíveis, em medicamentos, nos plásticos e em diversos outros materiais. Mais de 95% de todas as substâncias conhecidas contêm carbono em sua constituição.

O que torna o carbono um elemento tão versátil a ponto de fazer parte de uma imensa variedade de produtos naturais e industrializados? Por que nos organismos animais e vegetais encontramos tantas substâncias que possuem átomos de carbono em sua constituição? Por que o número de substâncias que contêm átomos de carbono é maior que o número das que não contêm?

## Introdução à Química Orgânica

O termo "orgânico" foi inicialmente associado a substâncias originadas de organismos animais ou vegetais. Com exceção da água, que constitui aproximadamente 70% (m/m) desses organismos, a quase totalidade dos demais compostos a eles associados contém átomos de carbono.

A Química Orgânica é entendida, hoje, como a parte da Química que estuda os compostos de carbono. Entretanto, há substâncias que apresentam átomos de carbono e que são estudadas principalmente pela Química inorgânica, que tem como foco de pesquisa os compostos de origem mineral. Entre elas estão o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), presente no mármore, o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), encontrado em pequena concentração na atmosfera, o hidrogenocarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ), também conhecido por bicarbonato de sódio – substância usada como amaciante e como fermento químico.

É importante considerar que não há divisões "rígidas" entre os diferentes ramos da Química, os conceitos básicos abordados nas partes anteriores desta obra são válidos e fundamentais para a compreensão de todos os ramos dessa área do conhecimento.

### A Teoria da Força Vital

O que poderia diferenciar a matéria com vida da matéria inanimada, como as rochas, por exemplo?

No século XVIII, o cientista francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) descobriu que muitos dos compostos encontrados nos seres vivos tinham em comum o fato de serem constituídos de carbono.

Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), famoso químico sueco, foi o primeiro a estabelecer uma separação referente à Química Orgânica.

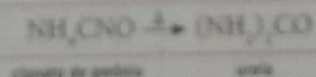
Berzelius foi o responsável por difundir no meio científico a **Teoria do Vitalismo**, segundo a qual os processos nos quais a vida é desencadeada surgiram a partir dos materiais que estão presentes nos seres vivos e de um conteúdo não material que não poderia ser criado pelo ser humano. Esse conteúdo não material foi chamado de **força vital**.

A Teoria da Força Vital era um empecilho para o desenvolvimento da Química Orgânica, pois acreditava-se que somente a partir de organismos vivos seria possível extrair substâncias orgânicas. De acordo com Berzelius, a força vital é inerente à célula viva e ninguém poderia criá-la em laboratório.

### Desenvolvimento da Química Orgânica

Em 1828, o químico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882), que trabalhava com Berzelius, sintetizou, de forma acidental, um composto orgânico chamado **uréia**, comumente encontrado na urina e no sangue.

A reação feita por Wöhler pode ser representada pela equação química abaixo, na qual o cianato de amônio é aquecido.



O trabalho de Wöhler foi questionado, pois ele obteve o cianato de amônio de materiais orgânicos, como chifres e sangue. Quase vinte anos depois, com os trabalhos de Adolph Kolbe (1818-1884), que produziu ácido acético a partir de compostos inorgânicos e com métodos de destilação, os vitalistas foram por fim "vencidos".

A Química Orgânica começou então sua evolução com o desenvolvimento de novos estudos tanto no que diz respeito ao isolamento e à identificação de compostos quanto às maneiras de prepará-los em laboratório.



#### QUÍMICA E BIOLOGIA

##### Reações químicas e antibióticos



A cientista Ada Yonath recebeu o Nobel de Química por seus trabalhos.

Os mecanismos vitais são objeto de investigação até os dias atuais. Em 2009, o Prêmio Nobel de Química foi concedido a cientistas que utilizavam a Química para explicar mecanismos biológicos em ribossomos, que são estruturas contidas em células e capazes de sintetizar proteínas para que a informação genética seja traduzida. Ada Yonath foi uma das cientistas laureada com o prêmio. De origem israelense, é a única mulher a ganhar o Prêmio Nobel de Química num período de 45 anos. Ada explica que decidiu estudar Química por ser a ciência que melhor responde às perguntas relacionadas à vida. Ela ainda ressalta que o entendimento da Biologia depende da Química, uma vez que muitas das respostas para os processos celulares dependem da compreensão de reações químicas. Seus estudos são reconhecidos como pertencentes aos processos centrais da vida e auxiliaram no desenvolvimento de antibióticos, que são utilizados para bactérias resistentes aos medicamentos tradicionais.



## Química Orgânica hoje

A Química Orgânica é entendida, hoje, como a área da Química que estuda a maior parte dos compostos de carbono, apesar de muitos deles não estarem associados a organismos vegetais ou animais.

Atualmente, são conhecidas milhões de substâncias orgânicas. Ao longo do tempo, mais precisamente a partir de 1960, a quantidade conhecida de compostos de carbono aumentou de forma considerável à medida que novos equipamentos e técnicas de síntese e de análise foram desenvolvidos.

## Análise e síntese

Quando se deseja estudar compostos orgânicos, dois procedimentos são essenciais em um laboratório: a análise e a síntese.

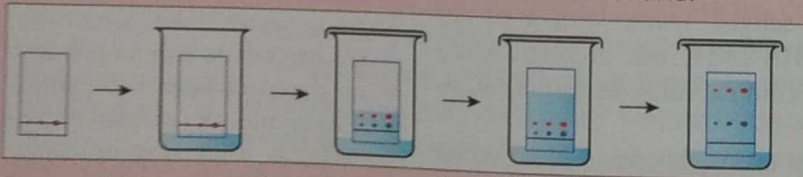
A **análise** consiste em isolar e identificar os compostos químicos presentes em determinado material. Isso acontece, por exemplo, com a extração de produtos naturais de plantas. A análise qualitativa de uma essência vegetal pressupõe a separação das substâncias que a constituem, seguida da identificação de cada uma delas. Essa identificação é feita por meio de uma análise química, que pode envolver métodos convencionais ou o uso de instrumentos com moderna tecnologia. A análise quantitativa, que geralmente complementa a anterior, tem por finalidade determinar o teor de cada componente em uma mistura.

Na **síntese**, por sua vez, procura-se produzir, em laboratório, materiais com características idênticas ou muito parecidas com as dos compostos naturais ou, ainda, materiais inexistentes na natureza e com características específicas. É isso o que ocorre, por exemplo, na produção de borracha sintética. Os medicamentos fabricados pela indústria farmacêutica, como o ácido acetilsalicílico (antitérmico e analgésico), e os produtos fabricados pela indústria química, como o estireno (matéria-prima para fabricação de poliestireno) e o butanoato de etila (usado para conferir sabor de abacaxi a doces e bebidas), são exemplos de processos de síntese.

## QUÍMICA E FÍSICA

### Cromatografia

Quando uma substância orgânica é isolada ou sintetizada, ela precisa ser caracterizada de maneira adequada. A cromatografia é um método muito utilizado para esse fim. O procedimento básico utilizado consiste em diferenciar os compostos por meio de suas propriedades físicas. Para isso, à mistura é adicionado um solvente, que recebe o nome de fase móvel. A mistura diluída passa por uma fase chamada de estacionária, cujo composto retém os diferentes componentes de acordo com suas características físico-químicas. A diferença nas forças físicas de cada componente em relação à fase móvel e à fase estacionária é que faz com que as substâncias sejam separadas. Um exemplo é a cromatografia em camada delgada. Uma placa de vidro recoberta com sílica é utilizada como fase estacionária. A mistura é colocada na base, com o auxílio de um tubo capilar. Em seguida, a placa é posta em um solvente, que vai subindo por ela e arrastando a mistura. A separação ocorre pela diferença entre as forças de adsorção entre os componentes da mistura e a fase estacionária.



Representação em cores-fantasia.

## SAIBA MAIS

### O CAS – Serviço de registro de produtos químicos

Os compostos químicos, de uma maneira geral, são registrados no CAS, uma das divisões da Sociedade Americana de Química, e que é responsável por receber informações de novos produtos químicos (substância, polímero, liga metálica, etc.). O registro CAS é a coleção mais completa sobre produtos químicos no mundo. Em 2015, havia 107 milhões de substâncias químicas registradas.

Na seção de Química Orgânica do CAS, é possível obter informações sobre processos sintéticos, procedimentos e aplicações computacionais relativos aos compostos orgânicos. Também podem ser encontrados livros, estudos sobre substâncias de estrutura desconhecida, dados sobre produção industrial e muitas outras informações.

## SAIBA MAIS

### A identificação de substâncias orgânicas

Um problema comum em análise química, tanto orgânica quanto inorgânica, ocorre quando há amostras desconhecidas ou misturas complexas.

Métodos analíticos convencionais muitas vezes não são satisfatórios para as análises mais difíceis.

Cromatógrafos, espectrômetros de massa e espectrofotômetros são instrumentos utilizados pelos cientistas e por grandes indústrias para identificar materiais e realizar testes de controle de qualidade de produtos.

Esses aparelhos são acoplados a computadores que identificam os sinais produzidos, os comparam com sinais em banco de dados e fornecem ao analista que vai estudar e interpretar os resultados obtidos.

## O carbono e as ligações covalentes

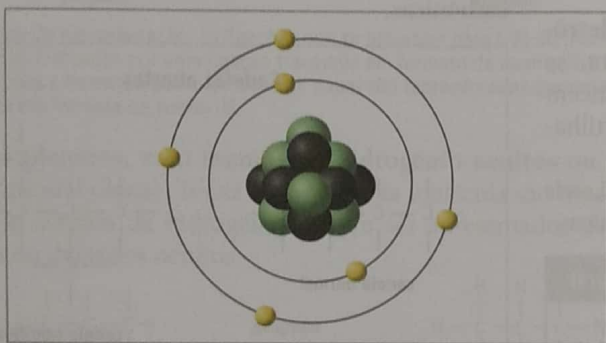
Como o carbono é o elemento presente em todas as moléculas de substâncias orgânicas, o conhecimento de suas características é fundamental para entendermos as propriedades que essas substâncias apresentam.

### O carbono é tetravalente

Em 1857, Friedrich August Kekulé von Stradonitz, baseando-se em estudos experimentais, propôs e confirmou a tetravalência do carbono.

Hoje podemos justificar essa tetravalência com base no número de elétrons que o carbono apresenta na camada de valência.

Como seu número atômico é 6, o número de elétrons na primeira camada é 2, e na camada de valência, 4.



O átomo de carbono:  $Z = 6$ ,  $A = 12$ . As esferas de cor amarela representam os elétrons; as verdes, os prótons; e as pretas, os nêutrons. Representação em cores-fantasia e fora de escala.

O fato de o carbono possuir quatro elétrons na última camada confere a ele a capacidade de formar um total de quatro ligações para adquirir configuração eletrônica de gás nobre e, segundo o modelo do octeto, adquirir estabilidade. As ligações que o carbono forma com outros metais são ligações covalentes, ou seja, cada átomo compartilha quatro pares de elétrons e pode se ligar com até quatro átomos de outros elementos químicos. O carbono, portanto, é tetravalente.

As possibilidades que o átomo de carbono tem de formar suas quatro ligações e adquirir configuração eletrônica de um gás nobre são:

- quatro ligações simples;
- duas ligações simples e uma ligação dupla;
- duas ligações duplas;
- uma ligação simples e uma ligação tripla.

Observe, nos exemplos a seguir, que, em todos os casos, o átomo de carbono faz quatro ligações covalentes.



ligações  
simples



ligações  
simples e dupla

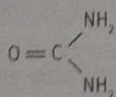


ligações  
duplas

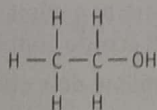


ligações  
simples e tripla

### Exemplos



fórmula estrutural da ureia



fórmula estrutural do etanol

## QUÍMICA TEM HISTÓRIA

### O desenvolvimento computacional ajudando a desvendar a Química

Computadores e *softwares* são muito utilizados para o entendimento da Química. Eles proporcionam a criação de modelos de moléculas e simulam suas propriedades, como eletronegatividade, energia, carga nos átomos, entre outras. Os estudos feitos em computador estão cada vez mais comuns, pois podem funcionar como um laboratório simulado. O uso de computadores e modelos matemáticos em Química rendeu dois prêmios Nobel na área. O primeiro deles foi em 1998, quando foram laureados os cientistas Walter Kohn e John Pople, que desenvolveram modelos computacionais aplicados à Química. Em 2013, os cientistas Martin Karplus, Michael Levitt e Arieh Warshel dividiram o prêmio Nobel também por desenvolverem metodologias e programas computacionais que, neste caso, foram utilizados para os estudos de macromoléculas, como as proteínas.



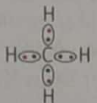
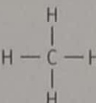
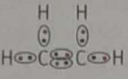
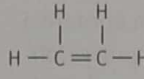
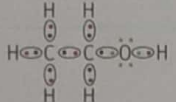
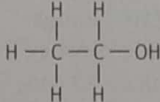
## O modelo de Lewis

Em 1916, Gilbert Newton Lewis (1875-1946), um químico estadunidense, publicou o artigo "The atom and the molecule" (O átomo e a molécula) no *Journal of the American Chemical Society*, no qual representava cada ligação covalente por meio de um par de elétrons da camada de valência dos átomos envolvidos.

A representação da estrutura eletrônica dos átomos feita por Lewis para moléculas orgânicas consiste em escrever todos os elétrons da camada de valência para cada átomo de maneira explícita. Em seguida, as ligações covalentes são representadas por meio do compartilhamento entre os átomos, procurando sempre seguir o modelo do octeto.

Essa representação foi denominada **fórmula eletrônica de Lewis**. Nela, a formação da ligação covalente se dá sempre com o objetivo de que os átomos alcancem a configuração de gás nobre por meio do compartilhamento de elétrons.

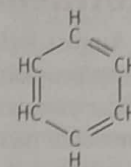
Observe, na tabela a seguir, a representação de Lewis e a fórmula estrutural de algumas moléculas orgânicas.

	Representação de Lewis	Fórmula estrutural
<b>Metano</b> (CH <sub>4</sub> )		
<b>Eteno</b> (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )		
<b>Etanol</b> (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)		

Note que, no caso do etanol, o oxigênio apresenta dois pares de elétrons que não se ligam. Esse fator será importante para determinar a estrutura das moléculas.

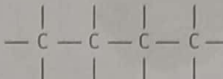
## O carbono tem facilidade em formar cadeias

A peculiaridade do carbono reside na facilidade que seus átomos têm para se unir e formar cadeias de variados tamanhos e formas. Veja, abaixo, um exemplo de molécula que apresenta uma cadeia carbônica.

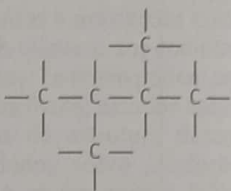


O quadro a seguir mostra alguns exemplos de cadeias carbônicas.

**Cadeias abertas**

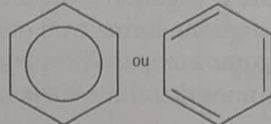


cadeia normal

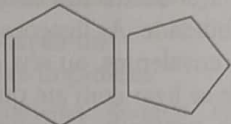


cadeia ramificada

**Cadeias cíclicas**



cadeias aromáticas



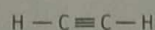
cadeias não aromáticas

### EXERCÍCIO RESOLVIDO

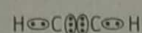
1. Faça a representação de Lewis para uma molécula orgânica na qual dois átomos de carbono se ligam entre si por meio de uma ligação tripla. A ligação restante para cada carbono é feita com o hidrogênio.

#### Resolução

A molécula em questão pode ser representada por:



A estrutura de Lewis desta molécula pode ser escrita assim:



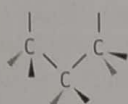
O importante na representação de Lewis é mostrar o número de elétrons da camada de valência para cada átomo e como o compartilhamento é feito de acordo com o modelo do octeto.

É preciso destacar que, com o hidrogênio, somente dois elétrons podem ser compartilhados, pois ele apresenta apenas uma camada eletrônica.

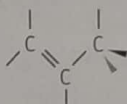
## Formas de representação de uma molécula orgânica

As moléculas orgânicas podem ser representadas de várias formas. Vamos considerar dois exemplos: o propano e o propeno. As formas mais comuns de representação dessas moléculas são mostradas a seguir.

- **Estrutura tridimensional** (fórmula estrutural tridimensional). Representa-se a estrutura tridimensional das ligações simples dos átomos da molécula na forma tetraédrica, e as ligações duplas são representadas no plano.



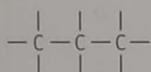
propano



propeno

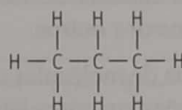
Nessa forma de representação, as ligações que se projetam para trás do plano da folha de papel são indicadas por uma ligação tracejada em formato de cunha (↘). As que se projetam para a frente do plano da folha de papel são representadas por uma ligação em negrito em formato de cunha (↗).

- **Ligações planares, com átomos de hidrogênio ocultos ou não** (fórmula estrutural plana). Todas as ligações da molécula são mostradas no plano. Os átomos de hidrogênio podem ser apresentados de maneira explícita ou deixados ocultos.

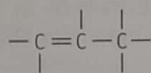


(átomos de hidrogênio ocultos)

propano

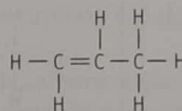


(átomos de hidrogênio explícitos)



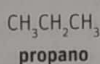
(átomos de hidrogênio ocultos)

propeno

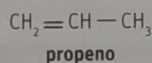
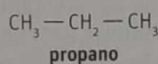


(átomos de hidrogênio explícitos)

- **Ligações ocultas** (fórmula estrutural condensada). Os átomos da molécula são representados, e as ligações ficam apenas indicadas de acordo com o número de átomos de hidrogênio ligados a cada átomo de carbono.



- **Ligações semiexplícitas** (fórmula estrutural parcialmente condensada). Apenas as ligações entre os átomos de carbono são apresentadas de forma explícita.



- **Átomos ocultos** (fórmula bastão). Apenas as ligações entre os átomos de carbono são representadas.



propano



propeno

- **Fórmula molecular**. Indica o número de átomos de cada elemento presente na molécula.

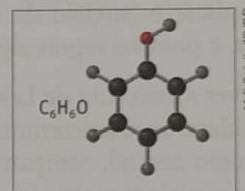


### SAIBA MAIS

#### Química Computacional

A Química Computacional é uma ferramenta empregada por químicos de todas as áreas. Computadores são usados para criar modelos de moléculas e para simular suas propriedades, como eletronegatividade, energia, carga nos átomos, entre outras.

Os avanços desse campo de estudo também estão associados ao desenvolvimento de modelos cada vez mais sofisticados para a representação gráfica de moléculas. Veja o exemplo a seguir.

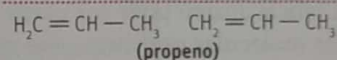


Representação computacional, em cores-fantasia, de modelo esfera e bastão de molécula de fenol. As esferas pretas representam átomos de carbono; as esferas cinza, átomos de hidrogênio; e a esfera vermelha, átomo de oxigênio.

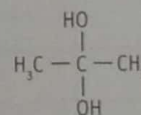
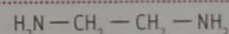
### SAIBA MAIS

#### Formas de representação de cadeias carbônicas

O texto ao lado exemplifica algumas formas de representar as cadeias carbônicas. Na Química Orgânica, é comum encontrar pequenas variações nas fórmulas estruturais — em geral, nas ligações semiexplícitas —, como pode ser observado a seguir.



Qualquer uma dessas representações é válida. Essa forma de inversão (no caso, de  $\text{CH}_2$  para  $\text{H}_2\text{C}$ ) é mais usual nas extremidades da fórmula estrutural. Veja outros exemplos:





## A geometria das moléculas orgânicas de acordo com o modelo da repulsão dos pares de elétrons da camada de valência

A geometria das moléculas orgânicas, e consequentemente a representação tridimensional delas, pode ser prevista por meio dos elétrons de valência. Para isso, será usado o modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência, já visto nesta obra.

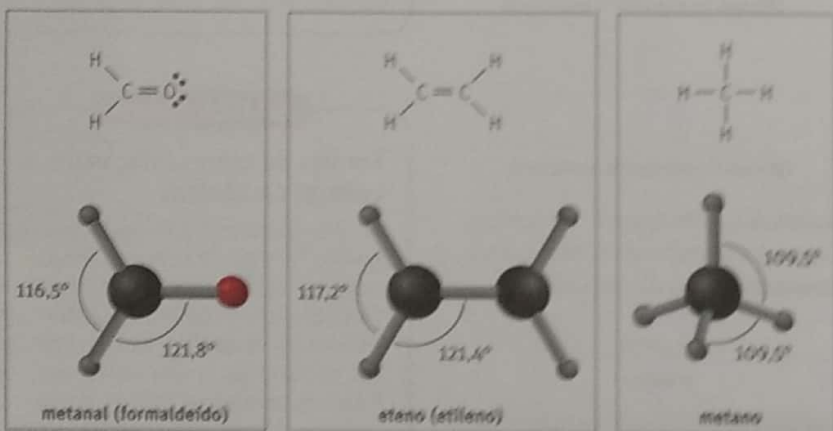
De acordo com esse modelo, os pares de elétrons da camada de valência de um átomo em uma molécula tendem a se distanciar o máximo possível uns dos outros, devido a forças de repulsão entre si.

Para os compostos de carbono, quando temos um átomo de carbono fazendo somente ligações simples, como é o caso do metano ( $\text{CH}_4$ ), a disposição espacial é tetraédrica, pois essa forma geométrica é a que apresenta maior distância entre os átomos de hidrogênio, que se posicionam nos vértices do tetraedro.

Para aplicar o modelo de repulsão de pares eletrônicos às moléculas orgânicas, é possível seguir alguns passos.

- 1º) Escrever a estrutura de Lewis para todos os átomos da molécula.
- 2º) Considerar para a determinação da geometria todos os pares de elétrons do átomo central, compartilhados ou não.
- 3º) Encontrar a geometria na qual os elétrons da camada de valência do átomo central fiquem o mais longe possível uns dos outros.

Observe, a seguir, alguns exemplos de geometria de moléculas orgânicas e seus respectivos ângulos de ligação (representações em cores-fantasia).



A tabela abaixo pode ser usada para determinar a geometria de boa parte das moléculas orgânicas. Nas moléculas reais, há um desvio desse valor em função da repulsão dos pares eletrônicos.

Tipo de ligação do átomo central	Disposição espacial das ligações	Geometria das ligações	Ângulo de ligação
$\begin{array}{c}   \\ -\text{C}- \\   \end{array}$		Tetraédrica	$109,5^\circ$
$\begin{array}{c} -\text{C}= \\   \end{array}$		Trigonal plana	$120^\circ$
$=\text{C}=\text{C}=\text{C}$	$=\text{C}=\text{C}=\text{C}$	Linear	$180^\circ$
$-\text{C}\equiv\text{C}-$	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	Linear	$180^\circ$

### Você se lembra?

#### Modelo da Repulsão dos Pares Eletrônicos na Camada de Valência (RPECV)

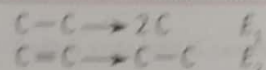
Esse modelo foi desenvolvido com o objetivo de prever a geometria da molécula por meio de sua fórmula eletrônica.

Em qualquer ligação covalente, os pares de elétrons da camada de valência tendem a ficar o mais afastados possível uns dos outros, uma vez que exercem repulsão entre si.

No caso de ligação dupla ou tripla, os pares de elétrons envolvidos comportam-se como se fossem um único par, pois devem estar localizados na mesma região do espaço, entre os dois átomos envolvidos na ligação.

### SAIBA MAIS

Se consultarmos as energias de ligação indicadas abaixo,



constataremos que  $E_1 > E_2$ .

Conclui-se que é mais difícil quebrar uma ligação simples carbono-carbono e separar os átomos do que quebrar uma das ligações duplas carbono-carbono.

A consequência disso é que os compostos com duplas ou triplas-ligações entre os átomos de carbono são mais reativos, e as substâncias que apresentam somente ligações simples entre átomos de carbono são mais estáveis.

A ligação simples entre átomos de carbono é chamada ligação sigma ( $\sigma$ ). Na dupla ( $\text{C}=\text{C}$ ), uma das ligações é chamada de sigma, e a outra, de pi ( $\pi$ ). É, portanto, mais fácil quebrar a ligação pi do que a sigma. Quando entre dois átomos de carbono há uma tripla-ligação, uma delas é sigma e as outras duas são pi.



## Ligações de carbono com átomos de outros elementos químicos

O número de ligações que o carbono forma nos compostos orgânicos é fixo: são sempre quatro ligações. O nitrogênio, na maior parte das vezes, forma três ligações; o oxigênio, duas ligações; e o hidrogênio forma apenas uma, assim como o cloro e os outros halogênios.

A tabela a seguir mostra os principais elementos formadores da matéria orgânica e quantas ligações covalentes podem formar.

Elemento	Número de elétrons na camada de valência	Número de ligações covalentes possíveis	Possibilidades
H	1	1	H—
C	4	4	$\begin{array}{c}   \\ -C- \\   \end{array} \quad \begin{array}{c}   \\ -C= \\   \end{array} \quad =C= \quad -C=$
N	5	3	$\begin{array}{c} -N- \\   \end{array} \quad -N= \quad N=$
S	6	2	—S— S=
O	6	2	—O— O=
Halogênios	7	1	F— Cl— Br— I—

O átomo de carbono pode também se ligar a átomos de elementos metálicos. Quando há pelo menos uma ligação direta entre o átomo de carbono e o de metal, tem-se a formação de um composto organometálico.

Entre os metais que podem se ligar ao átomo de carbono estão os alcalinos e os alcalinoterrosos, como o lítio e o magnésio, respectivamente, e metais de transição, como o ferro e a platina.

## AÇÃO E CIDADANIA

### Organoclorados: um problema de saúde pública

A história da humanidade é marcada por uma quantidade inacreditável de prejuízos causados por pragas agrícolas. [...] Para combater essas pragas agrícolas, como também as que surgiram na pecuária, e encontrar um novo equilíbrio ecológico, foi introduzido o uso de certos produtos químicos, cujos número e eficácia não pararam de aumentar. Esses produtos, conhecidos como pesticidas, substâncias usadas em agropecuária e em saúde pública, abrangem os inseticidas, os herbicidas e os fungicidas.

Estudos têm evidenciado que os pesticidas podem permanecer no ambiente durante longo tempo, causando grandes mudanças ecológicas e efeito ambiental negativo. Exemplo disso são os organoclorados [compostos de cloro, carbono e hidrogênio], em sua maioria persistentes e de ampla aplicação.

O problema da contaminação por organoclorados tem se agravado e adquirido proporções dramáticas, tanto pela sua intensificação quanto pela sua extensão geográfica. Outrossim, as zonas contaminadas eram muito reduzidas. Atualmente tendem a cobrir o planeta inteiro e podemos encontrar DDT [tipo de pesticida] até na neve do Alasca.

[...]

É de grande importância o controle rigoroso dos efeitos não intencionais dos pesticidas sobre diversas formas de vida, incluindo o homem e o meio ambiente. Em vários países, foram sendo fixados padrões e limites máximos de tolerância desses resíduos.

FRISCH, Araceli V. et al. Organoclorados: um problema de saúde pública. *Ambiente & Sociedade*, v. 7, n. 2, jul./dez. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/1n2/24690.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2016.

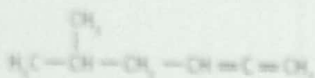
## Carbono e cadeias carbônicas

### Classificação do átomo de carbono nas cadeias

Os átomos de carbono são classificados de acordo com o número de outros átomos de carbono com que estejam ligados. Dessa maneira, temos a seguinte classificação desses átomos.

- **Átomo de carbono primário** é o que está ligado a um único átomo de carbono da cadeia.

Por exemplo, os átomos de carbono das extremidades da seguinte cadeia, assinalados em roxo, são primários.

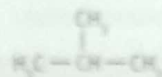


- **Átomo de carbono secundário** é o que está ligado a dois outros átomos de carbono. De maneira análoga, **átomo de carbono terciário** é o que está ligado a três outros átomos de carbono, e **quaternário** é o que está ligado a quatro outros átomos de carbono.

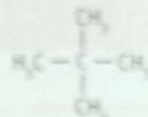
Exemplo de cadeia com átomo de carbono secundário (assinalado em roxo).



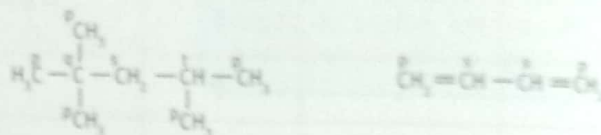
Exemplo de cadeia com átomo de carbono terciário (também em roxo).



Cadeia com átomo de carbono quaternário (também destacado em roxo).



Nos dois casos seguintes, estão marcados com "p" os átomos de carbono primários, com "s" os secundários, com "t" os terciários e com "q" os quaternários.



### QUÍMICA E BIOLOGIA

#### Spray marinho interage com gases poluentes e transporta-os para o solo

A maresia é um purificador natural do ar, reduzindo em até 20% a poluição atmosférica nas cidades costeiras. Pesquisa realizada pela química Tânia Mascarenhas Tavares, da Universidade Federal da Bahia (UFBA), revela que gotículas de água salgada assimilam gases poluentes. Essas substâncias são transportadas e acabam precipitando no solo. [...]

O *spray marinho*, nome técnico da maresia, assimila os gases dióxido de enxofre, óxidos (monóxido e dióxido) de nitrogênio e hidrocarbonetos (poluentes orgânicos) gerados por veículos e indústrias. [...]

Consideradas poluentes atmosféricos, as substâncias transportadas pela maresia não causam contaminação do solo. Segundo Tânia Tavares, sua concentração no ar é nociva à saúde humana, mas no solo se torna desprezível. "Ou seja, o *spray marinho* não muda a poluição de lugar", diz. Os níveis máximos permitidos de dióxido de enxofre [na atmosfera] são 80 microgramas por metro cúbico e de dióxido de nitrogênio, 100 microgramas por metro cúbico. Os hidrocarbonetos, originados da queima dos combustíveis fósseis, não têm regulamentação no Brasil.

Tânia Tavares frisa que a maresia comprovadamente alcança um raio de 250 quilômetros continente adentro. "Mas estimativas apontam que podemos



Estação móvel de monitoramento da qualidade do ar, Rio de Janeiro (RJ), 2012.

encontrá-lo a 500 quilômetros do litoral", diz a pesquisadora [...].

A maresia, formada por gotículas de água salgada, tem origem na zona de arrebentação, onde as ondas quebram. Segundo a professora, a brisa (vento que sopra do mar para a terra) ajuda a dispersar os poluentes. A umidade também contribui para a purificação pela maresia. [...]

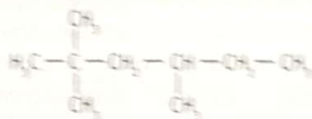
Maresia reduz em 20% a poluição atmosférica. *Jornal do Commercio*, Recife, 25 out. 2000. Disponível em: <[http://www2.uol.com.br/JC/2000/2510/cm2510\\_1.htm](http://www2.uol.com.br/JC/2000/2510/cm2510_1.htm)>. Acesso em: 29 mar. 2016.



## Classificação das cadeias carbônicas

### Cadeias abertas (ou acíclicas)

As cadeias carbônicas abertas (ou acíclicas) não apresentam nenhum tipo de ciclo. Exemplos:



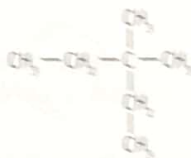
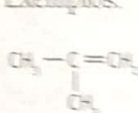
As cadeias abertas podem ser classificadas segundo os seguintes critérios:

- **Disposição dos átomos na cadeia.** Nesse caso, as cadeias abertas podem ser normais ou ramificadas.

Nas cadeias **normais**, os átomos de carbono estão ligados em uma sequência que se representa linearmente, e há apenas duas extremidades na cadeia que os contém. Exemplos:

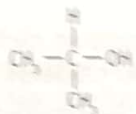
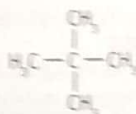


As cadeias **ramificadas** apresentam mais de duas extremidades da cadeia com átomos de carbono. Exemplos:



- **Tipo de ligação entre os átomos de carbono.** Nas cadeias abertas, existem átomos de carbono unidos por ligações simples, duplas ou triplas.

Quando há apenas ligações simples, temos uma cadeia carbônica **saturada**. Exemplos:



Quando há uma ou mais ligações duplas ou triplas, a cadeia carbônica é **insaturada**.

Exemplos:



### SAIBA MAIS

#### De má fama, gorduras podem ser boas

Long Shui/Shutterstock/120111



Castanha-de-caju, amêndoas e castanhas-do-pará são alguns dos alimentos que contêm gorduras saudáveis para o nosso organismo.

É comum ouvirmos falarem mal das gorduras... Podem dar câncer, aumentar o colesterol e a concentração de triglicérides (gorduras do sangue), adoecer o coração e [...] engordar [...]. Chegamos a um ponto em que alguns se entopem de churrascos e frituras enquanto outros só de verem uma gota de óleo em sua salada já passam mal e a repelem como se fosse um vírus mortal. Por favor, nada de extremismos. Só precisamos aprender um pouco sobre as gorduras, sem nos esquecer de que, em quantidade e qualidade corretas, são essenciais ao bom funcionamento do nosso organismo e devem abranger cerca de 30% do valor calórico diário de nossa

alimentação. Isso porque, na qualidade e nas quantidades certas, as gorduras fornecem energia para os músculos, preservam a elasticidade da pele, aceleram o metabolismo, protegem nossos órgãos vitais, transportam vitaminas A, D, E e K, dão estrutura às membranas celulares, ajudam na formação de hormônios.

As gorduras "do bem" são as insaturadas e as poli-insaturadas. As insaturadas (ou monoinsaturadas), além de não elevar o colesterol, possuem um papel protetor, reduzindo os níveis sanguíneos de colesterol, diminuindo o LDL [...] e aumentando o HDL [...]. São formadas pelos ácidos graxos, em maior parte pelo ácido oleico, e são encontradas no azeite de oliva, no óleo de canola, no abacate, nas castanhas e amêndoas.

[...]

Fontes: Suely Pietro de. De má fama, gorduras podem ser boas. Informativo do Hospital Centinho/USP e Puncel, ano 7, n. 43, Bauria, nov/dez. 2007. Disponível em: <[http://www.centinho.usp.br/emilico/filofco\\_43/centinho\\_nuicio\\_43.html](http://www.centinho.usp.br/emilico/filofco_43/centinho_nuicio_43.html)>. Acesso em: 30 mar. 2016.

## Cadeias cíclicas

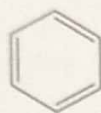
As cadeias cíclicas são aquelas nas quais os átomos de carbono se ligam em uma estrutura fechada.

Os compostos aromáticos foram descobertos em 1825 por Michael Faraday (1791-1867). O aromático mais simples e um dos mais importantes é o **benzeno**, que possui fórmula molecular  $C_6H_6$ .

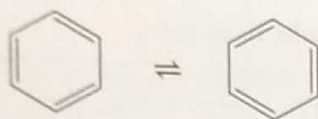
Embora essa fórmula indique que se trata de um composto insaturado, a estrutura da molécula de benzeno permaneceu desconhecida ainda por muitos anos depois da descoberta de sua fórmula molecular.

Chegou-se a cogitar que o benzeno poderia ter a estrutura de uma cadeia aberta com muitas insaturações. No entanto, compostos insaturados são altamente reativos, comportamento que não acontecia com o benzeno.

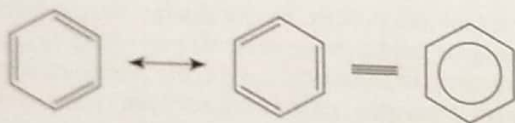
Em 1865, Kekulé propôs para essa substância uma estrutura cíclica de seis átomos de carbono, com ligações duplas e simples alternadas.



Admitia-se, para o benzeno, a existência do equilíbrio:



Atualmente, sabemos que o equilíbrio entre essas estruturas não ocorre. O que há é uma deslocalização dos elétrons ao longo da cadeia carbônica. Isso faz que todas as ligações tenham o mesmo caráter, que é intermediário entre as ligações simples e duplas. Uma das maneiras de representar o benzeno é a que mostra as ligações duplas deslocalizadas, ou seja:



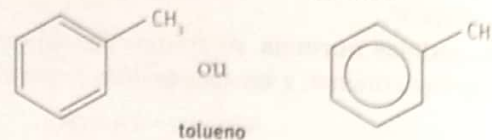
O termo "aromático", atribuído ao benzeno logo que ele foi isolado, deve-se ao seu odor e ao de alguns dos compostos que apresentam esse tipo de estrutura.

Hoje, apesar de essa denominação ter sido mantida, a classificação de uma molécula como aromática é critério químico. A aromaticidade está associada à estabilidade de uma substância de cadeia cíclica, decorrente da deslocalização da nuvem eletrônica por todos os átomos da cadeia.

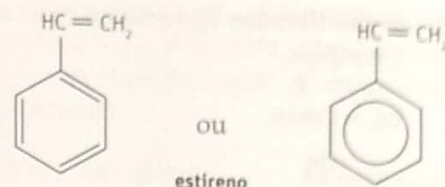
A medida que os elétrons se deslocalizam pela estrutura, conferindo a cada ligação entre átomos de carbono um caráter de dupla, ficam menos disponíveis para conferir reatividade às moléculas da substância. A esse fenômeno eletrônico dá-se o nome de **ressonância**. Ele justifica o fato

de os compostos aromáticos, embora apresentem insaturações, serem mais estáveis do que as cadeias abertas insaturadas ou as cadeias cíclicas insaturadas e não aromáticas.

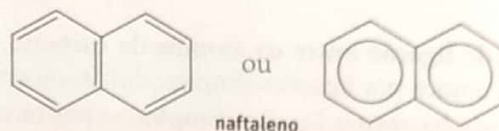
Além do benzeno, encontramos em nosso cotidiano algumas substâncias aromáticas importantes: o tolueno (também chamado de metilbenzeno), importante para a indústria de tintas, vernizes e como solvente de maneira geral; o estireno, matéria-prima para a obtenção do poliestireno; e o naftaleno (substância presente na naftalina), que apresenta dois anéis aromáticos condensados e é utilizado na indústria de corantes.



tolueno



estireno



naftaleno

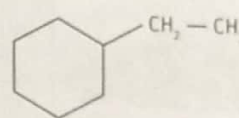
## Cadeias cíclicas alifáticas (ou cadeias alicíclicas)

São considerados alifáticos os compostos que não possuem anel benzênico em suas estruturas. Assim, todos os compostos de cadeia aberta são considerados alifáticos, bem como os de cadeia cíclica não aromática.

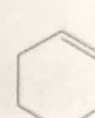
Os compostos alifáticos de cadeia cíclica são também chamados de **alicíclicos**. As cadeias desses compostos podem ser classificadas de modo análogo aos de cadeia aberta, ou seja, normais ou ramificadas, saturadas ou insaturadas. Veja alguns exemplos a seguir.



cadeia normal saturada



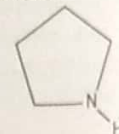
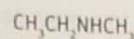
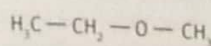
cadeia ramificada saturada



cadeia normal insaturada

## Cadeias heterogêneas e homogêneas

Quando há, além de átomos de carbono, átomos de outros elementos ligados entre átomos de carbono (heteroátomo), a cadeia é chamada de **heterogênea**. Caso não possua heteroátomos, a cadeia é classificada como **homogênea**. Exemplos de cadeias heterogêneas:



Não escreva no livro.



2. Explique a afirmação: "Todas as substâncias orgânicas contêm átomos de carbono, mas nem todas as substâncias que contêm carbono são orgânicas".

3. Observe as fórmulas químicas abaixo e indique se as substâncias são orgânicas ou inorgânicas e escreva o porquê de sua escolha.

a)  $\text{CaO}$  (óxido de cálcio)

b) glicerol  $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{HC}-\text{OH} \\ | \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array}$

c)  $\text{H}_2\text{O}$  (água)

d)  $\text{BaCO}_3$  (carbonato de bário)

e)  $\text{CH}_3\text{CONa}$  (acetato de sódio)

4. Entre os processos relacionados a seguir, atribua **A** para método de análise e **S** para método de síntese.

a) Determinação do princípio ativo de um medicamento.

b) Investigação de fraude em combustíveis.

c) Fabricação de plástico para embalagem.

d) Produção de medicamentos.

5. A teoria da força vital dizia que os compostos orgânicos só podiam existir se viessem de algo que fosse vivo e, portanto, não poderiam ser sintetizados em laboratório. Por que essa teoria não é mais aceita atualmente?

6. Represente as estruturas de Lewis para os compostos a seguir.

a) Etano,  $\text{C}_2\text{H}_6$

b) Metanol,  $\text{CH}_3\text{OH}$

c) Propanona,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$

7. Os compostos orgânicos apresentam estrutura tridimensional. Como é possível prever a geometria espacial deles?

8. Considere as fórmulas químicas indicadas abaixo.



II.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$

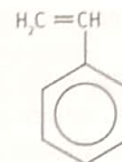
III.  $\text{CH}_3\text{F}$

IV.  $\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_3$

a) Represente a fórmula estrutural de cada uma delas. Indique todas as ligações da molécula, incluindo os átomos de hidrogênio.

b) Escreva a fórmula molecular para cada uma delas (acrescente os átomos de hidrogênio que faltam nas ligações).

9. O estireno tem a fórmula estrutural mostrada ao lado e é matéria-prima para fabricação de poliestireno, um material usado na fabricação de isopor.



Em relação ao estireno, pode-se afirmar que:

a) se trata de um composto alifático.

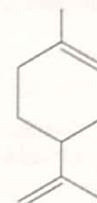
b) tem fórmula molecular  $\text{C}_8\text{H}_8$ .

c) apresenta um átomo de carbono quaternário.

d) apresenta um átomo de carbono terciário.

e) tem cadeia carbônica heterogênea.

10. A substância de fórmula estrutural representada ao lado é chamada popularmente de limoneno e está presente na casca do limão.



A respeito do limoneno, pode-se afirmar que:

a) é um composto aromático.

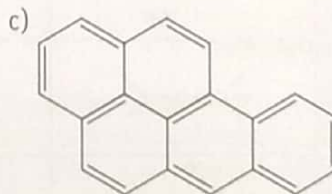
b) tem cadeia carbônica saturada.

c) tem fórmula molecular  $\text{C}_{10}\text{H}_{20}$ .

d) tem cadeia carbônica normal.

e) tem cadeia carbônica homogênea.

11. Classifique as cadeias carbônicas a seguir em: normal, ramificada, saturada, insaturada, homogênea e heterogênea.



d)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$

12. Dê as fórmulas dos compostos correspondentes às indicações. Em seguida, classifique as cadeias.

a) Composto com cadeia aberta de cinco átomos de carbono e com ligações simples, havendo um carbono ligado ao segundo átomo de carbono da cadeia principal.

b) Composto cíclico com quatro átomos de carbono e duas ligações duplas alternadas.