

DE ACORDO COM
O NOVO PROGRAMA

10

10.^a classe

Livro aprovado pelo
Ministério
da Educação

José António P. de Barros



 **PLURAL**
EDITORES
GRUPO PORTO EDITORA

Química

LIVRO DO ALUNO

10

10.^a classe



José António P. de Barros

Química

1

O CARBONO E OS ELEMENTOS DO IV GRUPO PRINCIPAL

1. INTRODUÇÃO

2. OS ELEMENTOS DO IV GRUPO PRINCIPAL DA TABELA PERIÓDICA – CARACTERÍSTICAS GERAIS

3. O CARBONO

- 3.1. Estado natural, ocorrência, estrutura, propriedades e aplicações
- 3.2. O carvão – tipos de carvão
- 3.3. Propriedades químicas do carbono
- 3.4. Óxidos de carbono – monóxido e dióxido de carbono
- 3.5. O aquecimento global e o efeito de estufa
- 3.6. O ácido carbônico – propriedades físicas e químicas
- 3.7. Carbonatos – ocorrência na Natureza e aplicações

4. O SILÍCIO

- 4.1. Estado natural e propriedades físicas e químicas do silício
- 4.2. Dióxido de silício – propriedades físicas e químicas e aplicações
- 4.3. Silicatos – ocorrência na Natureza e sua importância
- 4.4. Produção de vidro, cimento e cerâmica

1

O CARBONO E OS ELEMENTOS DO IV GRUPO PRINCIPAL

ou aprender

- A enumerar as características dos elementos do IV grupo principal
- A identificar a posição do carbono e do silício na Tabela Periódica
- A conhecer as variedades alotrópicas do carbono e suas aplicações
- A identificar os diferentes tipos de carvão e suas aplicações e a importância do carvão mineral para Moçambique
- A importância do carvão mineral para Moçambique e a conhecer a localização das minas carboníferas em Moçambique
- A testar o poder adsorvente do carvão vegetal
- As aplicações e ocorrência na Natureza dos compostos de carbono (carbonatos)
- A produzir e identificar o dióxido de carbono usando material localmente disponível
- A importância dos problemas ambientais relacionados com o aquecimento global e o efeito de estufa
- As aplicações e ocorrência na Natureza dos compostos de silício (silicatos)
- A conhecer e indicar as principais matérias-primas usadas na produção de cimento, vidro e artigos de cerâmica
- A determinar a massa e o volume dos reagentes e dos produtos da reacção numa equação química

1. Introdução

Muitas substâncias e misturas de substâncias que conhecemos, como o carvão, o petróleo, o ar, o gás natural, o ácido carbónico, proteínas, os açúcares, a borracha, os plásticos, vários materiais sintéticos, etc., contêm na sua estrutura o elemento carbono.

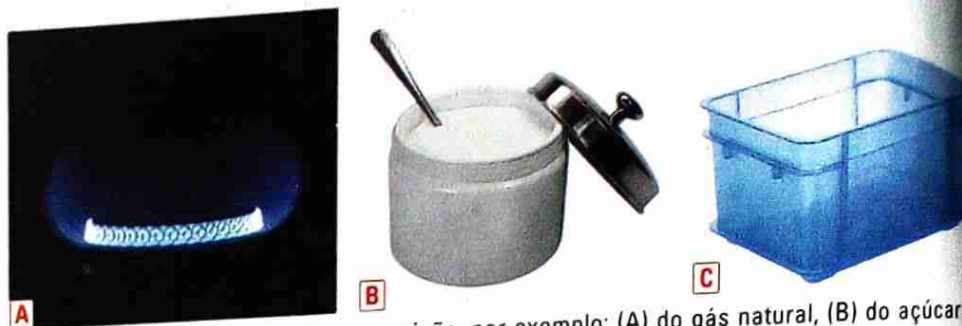


Fig. 1 – O carbono faz parte da composição, por exemplo: (A) do gás natural, (B) do açúcar (C) dos plásticos.

Para perceber as propriedades e aplicações destas substâncias ou misturas são necessários conhecimentos sobre a sua estrutura, sendo para tal essencial o estudo mais aprofundado do elemento químico comum a todas elas – o **carbono**.

Tais conhecimentos permitir-te-ão responder a questões como:

- Por que razão o carvão e o gás natural podem ser usados como combustíveis mas também na produção de fibras sintéticas?
- Por que motivo a grafite, que é uma substância não metálica conduz a corrente eléctrica?
- Por que razão o propano e o butano são usados nas nossas cozinhas, apesar de serem gases bastante tóxicos?

Para que possas responder correctamente a estas e muitas outras questões, será necessário estudares os conteúdos desta unidade, que contempla os elementos do IV grupo principal da Tabela Periódica. Dá-se especial ênfase ao estudo de dois elementos químicos deste grupo, devido à sua importância: o carbono, já mencionado e o mais relevante, e o silício, que te permitirá saber como é que se obtém vidro a partir de areia, por exemplo.

2. Os elementos do IV grupo principal da Tabela Periódica – características gerais

Se te recordas, na 9.^a classe iniciaste o estudo dos elementos do V, VI e VII grupos principais da Tabela Periódica. Agora, irás aplicar e consolidar os teus conhecimentos estudando os elementos do IV grupo principal.

Fazem parte deste grupo os seguintes elementos: carbono (C), silício (Si), germânio (Ge), estanho (Sn) e chumbo (Pb).



Fig. 2 – Elementos do IV grupo principal: (A) carbono, (B) silício, (C) germânio, (D) estanho e (E) chumbo.

Na tabela que se segue apresentam-se algumas das propriedades dos elementos do IV grupo principal da Tabela Periódica.

ELEMENTO	Carbono	Silício	Germânio	Estanho	Chumbo
SÍMBOLO QUÍMICO	C	Si	Ge	Sn	Pb
NÚMERO ATÓMICO	6	14	32	50	82
PERÍODO NA TP	2.º	3.º	4.º	5.º	6.º
ELECTRÕES DE VALÊNCIA	4	4	4	4	4
DENSIDADE (g/cm ³)	3,51 (diamante) 2,25 (grafite)	2,33	5,32	7,31	11,34
TEMPERATURA DE FUSÃO (°C)	– (diamante) 3500 (grafite)	1413	938	232	327
TEMPERATURA DE EBULIÇÃO (°C)	– (diamante) 4027 (grafite)	3265	2833	2602	1750
VALÊNCIA MÁXIMA	4	4	4	4	4
CARÁCTER METÁLICO/NÃO METÁLICO	Não metálico	Semimetálico	Semimetálico	Metálico	Metálico

6	12,01
C	Carbono
14	28,08
Si	Silício
32	72,64
Ge	Germânio
50	118,71
Sn	Estanho
82	207,20
Pb	Chumbo

Fig. 3 – Elementos do IV grupo principal da Tabela Periódica.

Os átomos destes elementos, apesar de apresentarem números atômicos diferentes, possuem todos quatro electrões na última camada (electrões de valência). Isto permite agrupá-los no IV grupo principal da Tabela Periódica. Como vimos, é a estrutura atômica que está na origem das semelhanças e diferenças apresentadas nas propriedades dos elementos e seus compostos.

A figura 4 apresenta, segundo Bohr, os esquemas de distribuição electrónica por níveis de energia dos átomos dos elementos do IV grupo principal.

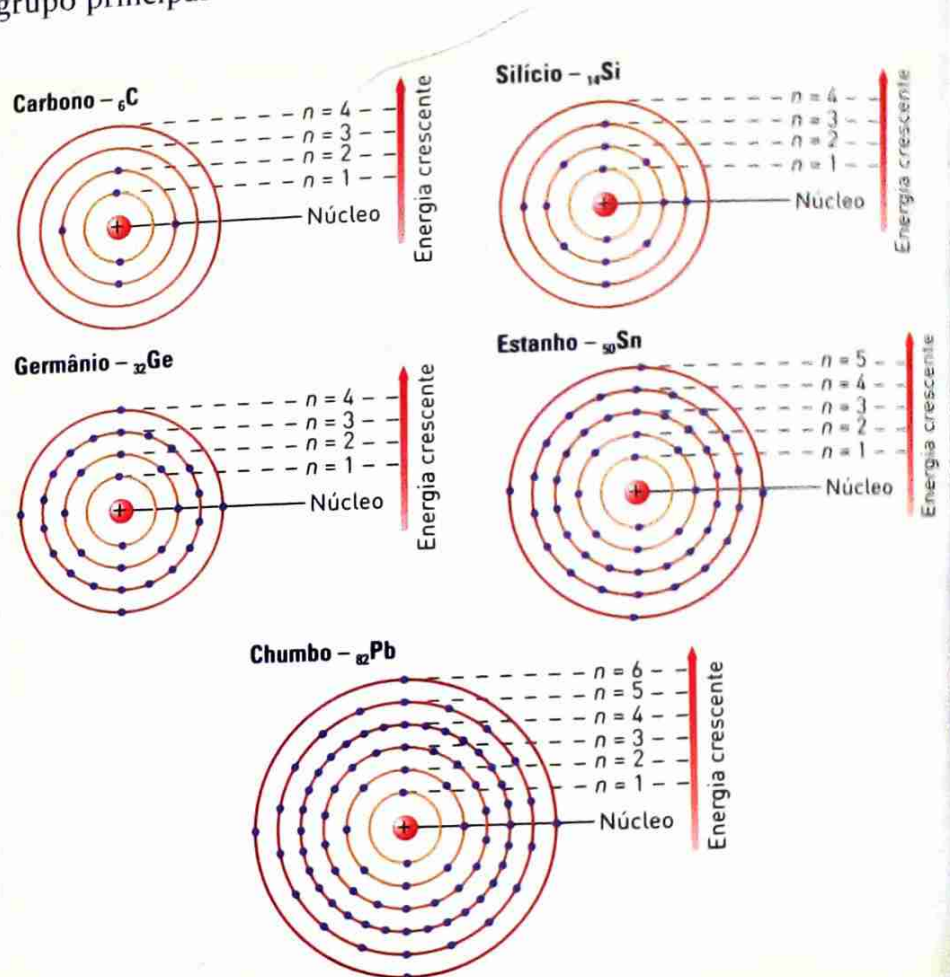


Fig. 4 - Esquemas de distribuição electrónica por níveis de energia dos átomos dos elementos do IV grupo principal.

Como se pode deduzir da tabela da página anterior e dos modelos da figura 4, a valência máxima destes elementos em relação ao oxigênio e ao hidrogênio é 4 e todos eles são sólidos à temperatura ambiente, apresentando, no entanto, diferenças na densidade e nos valores das temperaturas de fusão e de ebulição, que variam de acordo com o aumento do número atômico. Assim, à medida que aumenta o número atômico, a densidade aumenta, enquanto os pontos de fusão e de ebulição, de um modo geral, diminuem.

Também se pode notar que, enquanto o carbono é predominantemente um não-metal, o silício e o germânio são semimetais e o estanho e o chumbo são metais típicos.

3. O carbono

3.1. Estado natural, ocorrência, estrutura, propriedades e aplicações

Dependendo das condições de formação (pressão e temperatura), o carbono (C) ocorre na Natureza na forma livre como:

- carbono amorfo;
- diamante;
- grafite;

que são as formas alotrópicas deste elemento, ou seja, o carbono origina substâncias simples diferentes. Todas possuem propriedades químicas iguais. Ardem na presença de oxigénio, formando dióxido de carbono.

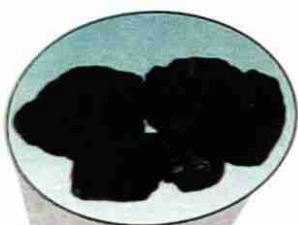


Fig. 5 – Carbono amorfo.



Fig. 6 – Diamante.



Fig. 7 – Grafite.

O carbono existe na Natureza sob a forma de carbono amorfo, diamante ou grafite. Estas são designadas por formas alotrópicas do carbono.

► Carbono amorfo

O carbono amorfo não possui uma estrutura cristalina. O carvão e a fuligem são informalmente chamados de carbono amorfo. No entanto, ambos são produtos de uma reacção de pirólise (decomposição ou alteração da composição de um composto ou mistura pela acção do calor, num ambiente com pouco ou nenhum oxigénio) que não produz verdadeiramente carbono amorfo, em condições normais. Na indústria do carvão, este divide-se em diferentes graus, dependendo da quantidade de carbono presente na amostra em relação à quantidade de impurezas.

Por sua vez, as formas de diamante e de grafite possuem uma estrutura cristalina, o que lhes confere propriedades físicas diferentes. Cada cristal de diamante ou de grafite é uma estrutura gigante de átomos de carbono ligados entre si.

► Diamante

O diamante é a substância mais dura que se conhece. É transparente, bom isolador da corrente eléctrica e tem elevado índice de refração, o que faz com que a luz, ao passar por ele, seja significativamente desviada da sua trajectória original (é este fenómeno óptico que confere ao diamante um brilho particular). Na Natureza ocorrem diamantes incolores ou com matizes bonitos que se constituem como pedras preciosas bastante apreciadas em joalheria.

Por ser a substância mais dura que se conhece, é utilizada em instrumentos de corte usados na indústria. Esta propriedade deve-se à sua estrutura tetraédrica, na qual cada átomo de carbono se encontra ligado a quatro outros átomos de carbono por ligações covalentes puras e iguais (muito fortes), onde cada átomo ocupa o centro de uma pirâmide cujos respectivos vértices são os átomos que a este se encontram ligados.

A estrutura do cristal de diamante é designada por cúbica. Essa distribuição simétrica e compacta de ligações químicas é responsável pela extrema dureza do cristal.



● Carbono

Fig. 8 – Estrutura cúbica de um cristal de diamante.

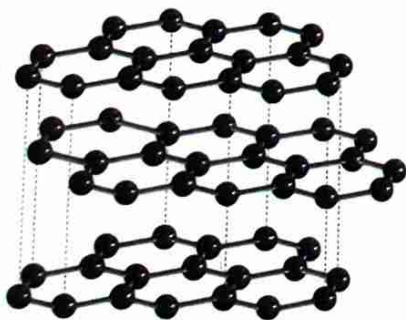
► Grafite

A grafite é uma substância opaca de cor cinzenta, possui um brilho metálico e é escorregadia ao tacto, à semelhança do óleo.

Ao contrário do diamante, a grafite possui uma estrutura de camadas atómicas formadas por anéis hexagonais de átomos de carbono que se ligam entre si por ligações covalentes fortes. Entre as camadas existem ligações fracas suportadas por electrões móveis semelhantes aos que ocorrem na ligação metálica. Esta estrutura faz da grafite uma das substâncias mais macias que existe.

Na verdade, cada átomo de carbono na grafite usa três electrões para se ligar a outros três átomos de carbono através de ligações covalentes puras, formando a referida estrutura hexagonal. Sobra o quarto electrão que não ocupa uma posição específica no cristal, podendo movimentar-se livremente, como acontece nos metais. As várias estruturas hexagonais sobrepõem-se à custa de uma nuvem de electrões livres, formando uma estrutura flexível, constituída por placas, unidas por ligações relativamente mais fracas. Por esta razão, a grafite é um excelente condutor da corrente eléctrica e pode ser facilmente dividida.

Em latim, a palavra grafite significa “que escreve”. De facto, devido às suas propriedades, ela é usada no fabrico dos bem conhecidos lápis de carvão, que facilmente se fixam no papel quando escrevemos sobre este. Além disso, também se usa na produção de eléctrodos e lubrificantes.



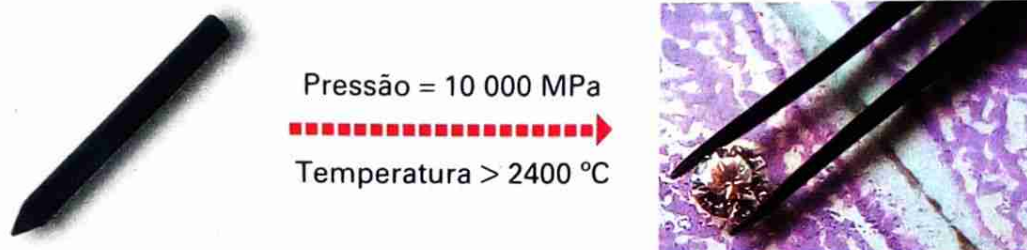
● Carbono

Fig. 9 – Estrutura hexagonal de um cristal de grafite.

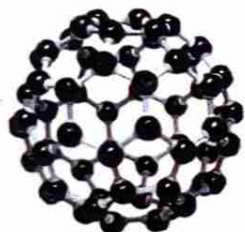
SABIAS QUE...

... Em determinadas condições já se pode obter artificialmente diamante a partir de grafite?

O diamante e a grafite são substâncias simples formadas apenas por carbono. A grande diferença entre elas é a maneira como os átomos estão organizados na sua estrutura. A grafite representa a forma mais estável do carbono, enquanto o diamante só é conseguido a pressões e temperaturas muito elevadas. É até possível transformar grafite em diamante, em laboratório; contudo, os custos para se obterem as condições necessárias seriam de tal ordem que ultrapassariam os lucros obtidos com o diamante criado.



... Existem outras formas alotrópicas do carbono?

A geometria do fulereno C_{60} lembra uma bola de futebol.

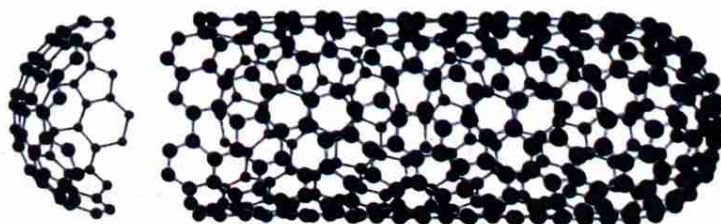
Cristais de fulereno.

Em 1985, utilizando um *laser* de grande potência para vaporizar grafite, foi descoberta uma nova estrutura de carbono, formada por uma esfera oca, constituída por 20 hexágonos e 12 pentágonos, com um total de 60 vértices, cada um deles correspondente a um átomo de carbono. A molécula assim formada tem a fórmula química C_{60} e é designada por **fulereno**, sendo também conhecida por **futeboleno**, devido à sua geometria que lembra uma bola de futebol. À temperatura ambiente, os fulerenos são cristalinos e estruturalmente similares à grafite.

Apesar de se ter conhecimento da sua existência no Espaço, só entretanto, após esta experiência, se descobriu que estas moléculas são um componente natural da fuligem e que na Rússia existem rochas com C_{60} .

Os fulerenos são suaves e muito elásticos. Podem actuar como supercondutores a temperatura elevada, lubrificantes e catalisadores. Hoje investiga-se a possibilidade de usar os fulerenos no transporte de medicamentos no corpo humano.

Em 1991 descobriram-se parentes estruturais do fulereno, moléculas tubulares com comprimentos de centenas de nanómetros e uma cavidade interna com cerca de 15 nanómetros de diâmetro. Devido à unidade de comprimento utilizada (nanómetro: 1 nm = 0,000 001 m), estas estruturas designam-se por **nanotubos**. Estas são mais fortes que fios de aço de dimensões semelhantes e são utilizadas para construir bicicletas ultraleves, motores de aeronaves ou raquetas de ténis.



Estrutura de um nanotubo.

3.2. O carvão – tipos de carvão

O carvão é uma substância muito conhecida e utilizada no dia-a-dia, tanto como combustível doméstico como industrial. Existem dois tipos de carvão:

- carvão mineral ou natural;
- carvão artificial.

► O carvão mineral ou natural

O carvão mineral ou natural é uma rocha de origem vegetal extraída do subsolo. Resulta da decomposição lenta de vegetais soterrados durante milhões de anos em pântanos rasos. Esses materiais vegetais, após morrerem, depositaram-se no fundo lodoso e ficaram encobertos. O tempo e a pressão da terra que se foi acumulando sobre o material transformaram-no numa massa negra homogênea nos jazigos de carvão.



Fig. 10 – Carvão mineral.

Os carvões diferem entre si pelas propriedades que os caracterizam, em função da substância e do método a partir dos quais foram obtidos. Assim, a quantidade de calor do carvão depende da percentagem de carbono que possui. Ou seja, quanto maior for esta percentagem, maior é o seu poder calorífico.

Dependendo do teor em carbono, o carvão pode ser designado por turfa, lenhite, hulha ou antracite.

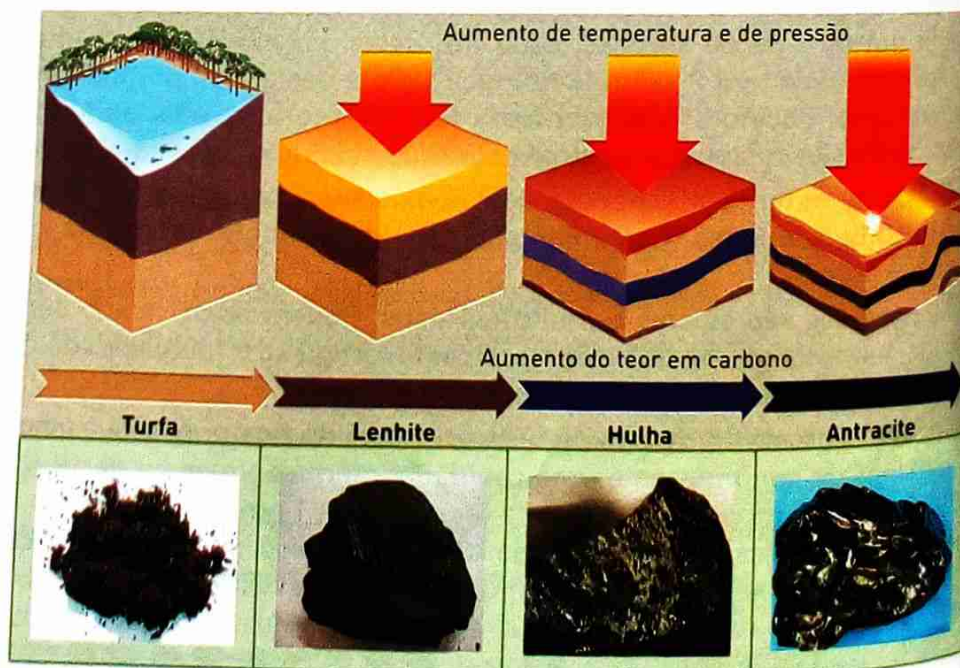


Fig. 11 – Diferentes tipos de carvão mineral ou natural.

- A **turfa** é uma rocha leve, esponjosa, cuja cor pode variar entre o castanho e o preto. Possui um teor de carbono baixo (entre 55% e 65%) e arde lentamente, libertando fumo. Apresenta baixo poder calorífico.

- A **lenhite** é um tipo de carvão mineral com elevado teor de carbono na sua constituição (65% a 75%). A sua cor é acastanhada e encontra-se, geralmente, mais à superfície, por ter sofrido menor pressão. A sua extracção é relativamente fácil e pouco dispendiosa. Quando queima origina muita cinza. Em termos geológicos é um carvão recente. Trata-se do único tipo de carvão estritamente biológico e fóssil, formado por matéria orgânica vegetal.
- A **hulha** é uma rocha dura, de cor negra, compacta ou folheada e com brilho vítreo, que arde com pouco fumo e tem um teor de carbono de cerca de 80% e um elevado poder calorífico.
- A **antracite** é uma rocha metamórfica compacta e dura do carvão mineral que possui elevado brilho e que arde com uma chama quase invisível, com pouca fuligem, libertando grande quantidade de energia por quilograma, o que a torna bastante procurada, sendo por isso mais alto o seu valor comercial. O seu teor de carbono está acima dos 80%. Os espécimes mais puros são compostos quase inteiramente por carbono. O carvão antracite é usado como combustível, mas também é largamente utilizado em filtros de tratamento de água.

O carvão mineral em Moçambique

Em todo o mundo são muitas as regiões onde se podem encontrar reservas de carvão mineral. Porém, as maiores reservas localizam-se na América do Norte, na Europa e na Ásia.

Moçambique também dispõe de algumas reservas de carvão mineral, com particular destaque para as localizadas nas províncias de Tete e Niassa, das quais as mais importantes, de momento, são as da província de Tete, distrito de Moatize. O valor das reservas registadas é de 6 biliões de toneladas de hulha, que é a variedade de carvão mineral que encontramos com mais frequência no nosso país.

Moçambique já produziu e exportou carvão das minas de Moatize. Em 1976, a CARBOMOC E.E., empresa hoje extinta, chegou a produzir 560 000 toneladas. Entretanto, a produção parou durante o período de guerra civil, principalmente devido à paralisação da linha-férrea de Sena.

No âmbito do programa de recuperação económica, em 2007, o Governo moçambicano assinou um contrato mineiro e atribuiu uma concessão mineira à empresa brasileira Rio Doce. A exploração do carvão de Moatize será efectuada através de mineração a céu aberto, com uma capacidade de, aproximadamente, 26 milhões de toneladas de carvão bruto por ano, prevendo-se para 2010 o início da produção.

Após o tratamento do carvão, prevê-se obter cerca de 8,5 milhões de toneladas por ano de carvão de coque e 2 milhões de toneladas por ano de carvão de queima, ambos para exportação. O restante carvão, obtido do tratamento do carvão bruto, cujo teor em cinzas é demasiado elevado



Fig. 12 – Mineração do carvão em Moatize (Tete).

para poder ser comercializado, poderá ser utilizado em centrais térmicas locais para a produção de energia eléctrica.

O escoamento do carvão será feito através da linha-férrea de Seixal e a sua exportação através de um terminal de carvão que será construído no porto da Beira.

A produção de carvão em grandes quantidades, em Moçambique proporcionará a sua utilização a nível nacional em eventuais indústrias de ferro e aço ou na produção de cimento. Actualmente, existe no mercado internacional uma grande procura de carvão, com destaque para o mercado indiano.

► O carvão artificial

O carvão artificial obtém-se através da combustão incompleta de substâncias orgânicas (principalmente lenha) ricas em carbono.

As variedades mais importantes são: o carvão vegetal ou de madeira, o coque, o carvão animal e a fuligem ou negro de fumo.



Fig. 13 – Carvão artificial: (A) carvão vegetal ou de madeira, (B) coque, (C) carvão animal e (D) fuligem ou negro de fumo.

- O **carvão vegetal ou de madeira** é uma substância de cor negra obtida a partir da combustão de madeira ou lenha, ao abrigo do ar. É usado na indústria do ferro e do aço, no fabrico de pólvora negra e como combustível doméstico e industrial. É muito utilizado como combustível para aquecedores, lareiras, churrasqueiras e fogões a lenha.
O carvão vegetal apresenta uma propriedade importante que se designa por **adsorção**. Define-se **adsorção** como a propriedade que o carvão e certas substâncias sólidas têm de reter, na sua superfície, as partículas (moléculas ou átomos) de um gás ou de um líquido.
- O **coque** obtém-se durante a destilação seca da hulha e é muito usado na indústria metalúrgica para a fundição de metais.
- O **carvão animal** obtém-se por calcinação (queima) de ossos e é usado como agente decolorante na indústria de extracção de gorduras, óleos e açúcar.
- A **fuligem ou negro de fumo** obtém-se pela combustão de substâncias ricas em carbono, na ausência de oxigénio, e é usado no fabrico de tinta de imprensa, tinta-da-china, vernizes e na produção de borracha.

Aplicações do carvão

Desde a Antiguidade que já se conhecem os benefícios do carvão vegetal. No Antigo Egipto era utilizado na purificação de óleos e para aplicações medicinais. Na Segunda Guerra Mundial foi utilizado na remoção de gases tóxicos, devido à sua capacidade adsorvente.

Devido ao seu poder de adsorção, o carvão vegetal tem aplicação medicinal na forma de carvão activado, que é um carvão poroso que provém da combustão incompleta de certas madeiras moles e não resinosas (extraído de partes lenhosas, cascas e serradura), o que lhe confere a capacidade adsorvente.

Estudos químicos utilizando carvão activado mostram que este tem diversas aplicações. Tal facto promoveu o desenvolvimento da indústria do carvão. Devido à sua rapidez de acção no organismo, o carvão vegetal é considerado um agente útil no tratamento de envenenamentos, adsorvendo o produto tóxico no tracto gastrointestinal, reduzindo rapidamente a absorção deste pelo organismo. O carvão é também indicado em casos de dores no estômago, mau hálito, aftas, gases intestinais, diarreias infecciosas e disenterias hepáticas. O carvão activado é vendido nas farmácias sob a forma de comprimidos que podem ser tomados para adsorver gases e outras substâncias nocivas dissolvidas no estômago e nos intestinos.

É ainda aplicado na indústria de produção de máscaras antigás e na indústria do tabaco como filtro de retenção de gases tóxicos e de nicotina, respectivamente.



Fig. 14 – Exemplos de aplicações do carvão: (A) medicamentos, (B) máscaras antigás e (C) filtros.

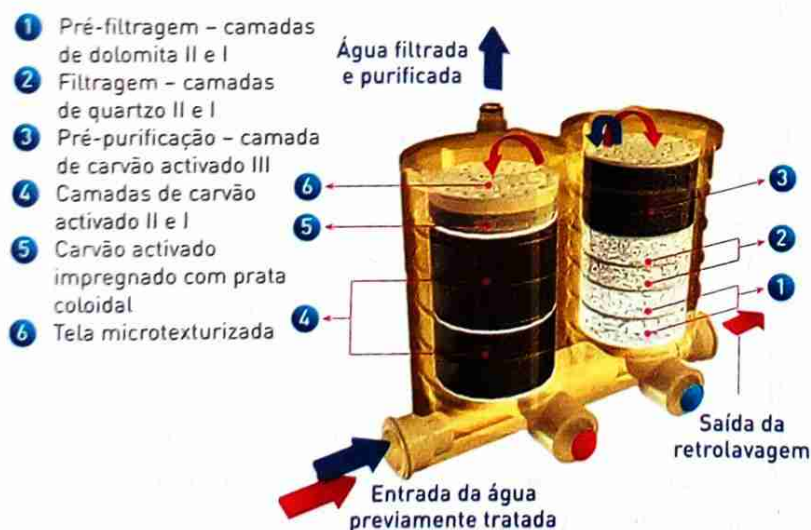


Fig. 15 – Esquema de funcionamento dos filtros de água à base de carvão activado.

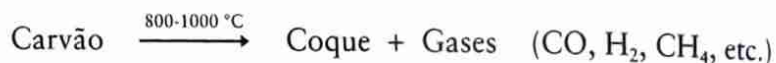
Porém, uma das maiores aplicações industriais do carvão é a sua transformação em combustível gasoso, que se pode realizar através de processos de gaseificação e coqueificação ou desgaseificação do carvão. Nestes processos forma-se o gás de gasogénio, que é uma mistura de CO , N_2 e outros produtos voláteis e combustíveis.

- A gaseificação é o processo que consiste na oxidação parcial do carvão mineral a altas temperaturas, através da reacção dos carvões com agentes oxidantes, como o ar e o vapor de água, do que resulta a libertação de gases (CO , CO_2 , N_2 , H_2). Os gases obtidos podem ser usados como combustíveis nas indústrias de produção de cal viva, vidro, cimento e na síntese de compostos orgânicos. As reacções que decorrem na gaseificação são:



Notar que o azoto do ar (N_2) não participa na reacção.

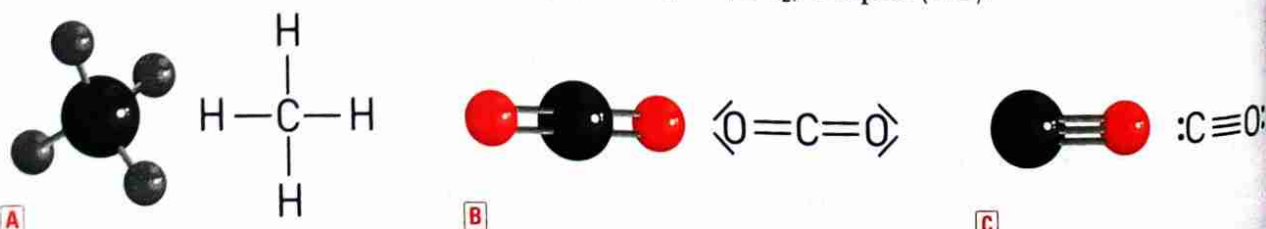
- A coqueificação ou desgaseificação é um processo que consiste na decomposição térmica do carvão mineral na ausência do ar, formando gases e coque. Este processo é também designado por destilação seca da hulha, visto ter como matéria-prima aquecido o carvão mineral.



Os gases são usados como combustíveis na indústria. Como já tivemos oportunidade de referir, o coque é usado como fonte de energia e como redutor na indústria metalúrgica, na produção de ferro bruto e aço.

3.3. Propriedades químicas do carbono

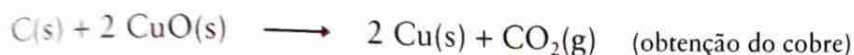
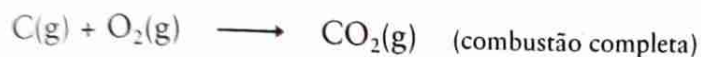
Na Tabela Periódica, o carbono ocupa uma posição especial, delimitando os metais dos não-metais, sendo, por isso, mais electronegativo que os metais e mais electropositivo que os não-metais. Assim, ele é um bom oxidante para os metais e um bom redutor para os não-metais. Devido à sua estrutura electrónica com quatro electrões de valência, ele é capaz de formar ligações simples estáveis com outros átomos de carbono, constituindo cadeias e anéis finitos e infinitos (diamante, grafite e fulereno). Também se liga a átomos de outros elementos. Além de ligações simples, o carbono também pode formar ligações duplas (CO_2) e triplas (CO).



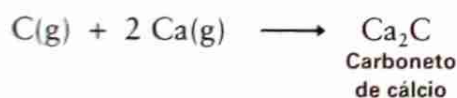
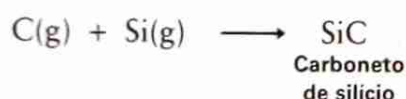
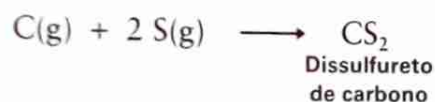
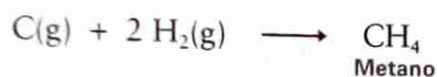
Apesar de ser inerte a baixas temperaturas, a sua reactividade aumenta com o aumento da temperatura.

Nessas condições, ele liga-se facilmente ao oxigénio e serve de redutor forte no processo metalúrgico de obtenção dos metais a partir dos minérios.

As reacções que se seguem demonstram claramente estas características do carbono:



A temperaturas muito elevadas, reage com o hidrogénio, o enxofre, o silício, entre outros metais:



O carbono também reage a quente com os ácidos sulfúrico e nítrico:



3.4. Óxidos de carbono – monóxido e dióxido de carbono

O carbono forma dois óxidos, o monóxido de carbono (CO) e o dióxido de carbono (CO₂).

► Propriedades físicas e químicas do monóxido de carbono

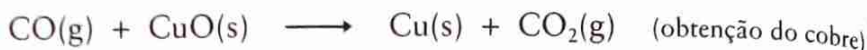
O monóxido de carbono (CO) resulta da combustão incompleta do carbono, podendo também ser obtido pela combustão incompleta de compostos orgânicos:



O monóxido de carbono é um gás incolor, inodoro, extremamente tóxico, combustível e pouco solúvel em água. A sua toxicidade deve-se ao facto de se associar facilmente à hemoglobina do

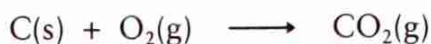
sangue, tornando-a incapaz de transferir o oxigénio dos pulmões para as células.

É um redutor muito usado na indústria metalúrgica para a obtenção de metais a partir dos seus óxidos, pois pode reduzir a maioria dos metais a partir dos respectivos óxidos:

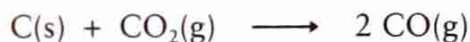


Obtenção industrial e laboratorial

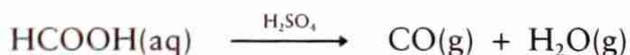
Industrialmente, o monóxido de carbono é obtido a partir da reacção directa do carvão com o oxigénio a altas temperaturas. Inicialmente forma-se dióxido de carbono:



que seguidamente é reduzido a CO pelo carvão em excesso, segundo a equação de reacção:



No laboratório, o monóxido de carbono é obtido pela reacção entre o ácido metanóico ou fórmico, HCOOH, e o ácido sulfúrico H₂SO₄, aquecido. O ácido sulfúrico, por ser higroscópico, retira a água do ácido fórmico, libertando o monóxido de carbono segundo a equação da reacção:



Aplicações do monóxido de carbono

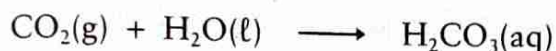
Além da sua aplicação como agente redutor na metalurgia, para a obtenção de metais de alta pureza, o monóxido de carbono é também usado como combustível em processos de obtenção de energia e de obtenção de álcoois, nomeadamente na síntese do metanol, e de muitos outros compostos orgânicos.

O monóxido de carbono (CO) é um gás incolor, inodoro, extremamente tóxico, combustível e pouco solúvel em água. Tem aplicações como agente redutor na metalurgia e como combustível em processos de obtenção de energia e de muitos compostos orgânicos.

► Propriedades físicas e químicas do dióxido de carbono

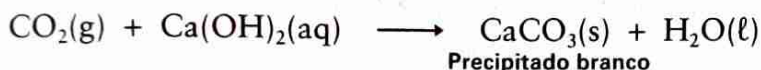
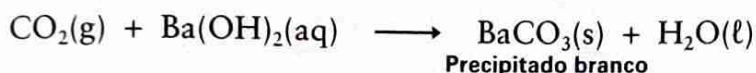
O dióxido de carbono (CO₂) é um gás incolor, inodoro, insípido, mais denso do que o ar, pouco solúvel em água, que não alimenta as combustões e que se liquefaz com facilidade. Ao evaporar, o dióxido de carbono líquido absorve tanto calor que parte dele se solidifica e se transforma num pó branco semelhante a neve.

Como viste na 8.^a classe, o dióxido de carbono tem propriedades ácidas quando em solução aquosa. Isto é, reage com a água em pequena percentagem, formando o ácido carbónico, H_2CO_3 , segundo a equação da reacção:



O dióxido de carbono pode ser facilmente identificado, utilizando as suas propriedades físicas e químicas:

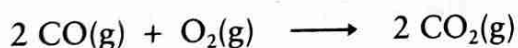
- Se fizermos borbulhar dióxido de carbono numa solução de hidróxido de bário ou de hidróxido de cálcio, forma-se um precipitado branco, segundo as equações das reacções:



- Também se pode identificar o dióxido de carbono pela sua capacidade de extinguir as chamas. Para tal, basta verter este gás sobre uma vela acesa ou introduzir uma lasca incandescente num recipiente contendo o gás que a chama extingue-se.

Na Natureza, o dióxido de carbono forma-se durante a putrefacção dos resíduos vegetais e animais, na respiração dos seres vivos e em processos de erosão química de rochas carbonatadas, libertando-se em grandes quantidades de fendas vulcânicas e de fontes de águas minerais. É também libertado em grandes quantidades pelas indústrias de produção de energia que têm por base a utilização de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural).

O dióxido de carbono também se produz quando se queima o monóxido de carbono que arde com uma chama azul, formando o dióxido de carbono, segundo a equação da reacção:

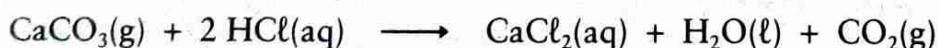


Obtenção industrial e laboratorial

Na indústria, o dióxido de carbono obtém-se pela calcinação (decomposição térmica) do calcário:



Em laboratório, o dióxido de carbono é obtido a partir da reacção entre carbonatos (por exemplo, giz, conchas, cascas de ovo ou mármore) e o ácido clorídrico, $\text{HCl}(\text{aq})$, segundo a equação:



Aplicações do dióxido de carbono

O dióxido de carbono tem várias aplicações, de entre as quais salientam a produção de gelo seco, a gaseificação da água mineral (refrigerantes e outras bebidas e a produção de carbonato de sódio (soda). É também usado nos extintores de incêndios e nas instalações de frigoríficos sob a forma de neve carbônica.



Fig. 17 – Algumas aplicações do dióxido de carbono: (A) gelo seco; (B) gaseificação de bebidas; (C) carbonato de sódio (soda); (D) extintores.

O dióxido de carbono (CO_2) é um gás incolor, inodoro, insípido e mais denso do que o ar, pouco solúvel em água, que não alimenta as combustões e que se liquefaz com facilidade. Tem aplicações em extintores, na gaseificação de bebidas, na produção de soda e de gelo seco, entre outras.

3.5. O aquecimento global e o efeito de estufa

O aquecimento global é um fenómeno que tem sido cada vez mais sentido por todos nós, nos últimos tempos, e que corresponde ao aumento da temperatura média dos oceanos e do ar perto da superfície da Terra, que poderá ser considerável se não forem tomadas medidas necessárias para contê-lo.

Segundo muitos cientistas, e apesar de se discutir bastante sobre este assunto, o aumento da temperatura média da Terra deve-se não só a causas naturais, mas, sobretudo, a causas antropogénicas (provocadas pelo ser humano).



Fig. 18 – Erupções vulcânicas: fonte natural de emissão de gases de estufa para a atmosfera.



Fig. 19 – Poluição industrial: fonte antropogénica de emissão de gases de estufa para a atmosfera.

Em 1988, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), estabelecido pelas Nações Unidas e pela Organização Meteorológica Mundial, diz que grande parte do aquecimento observado durante os últimos anos se deve, muito provavelmente, a um aumento do efeito de estufa, causado pelo aumento das concentrações de gases de estufa de origem antropogénica, como resultado de um maior uso de águas subterrâneas e de solo para a agricultura, um maior consumo de energia e maior poluição de base industrial.

Nesse contexto, têm sido desenvolvidos modelos climáticos que indicam que as temperaturas globais da superfície terrestre poderão aumentar num intervalo entre 1,1 °C e 6,4 °C, entre 1990 e 2100. Um aumento das temperaturas nessa ordem de grandeza pode também causar, como já está acontecer, outras alterações desastrosas, como a destruição dos glaciares e consequente aumento do nível das águas do mar, o aumento da precipitação atmosférica e de outras calamidades, como as cheias e as secas, causando, simultaneamente, alterações na disponibilidade agrícola, a extinção de espécies e o aumento de vectores de doenças.



Fig. 20 – Alterações climáticas devido ao aumento do efeito de estufa e consequente aquecimento global: (A) destruição dos glaciares, (B) cheias devido ao excesso de precipitação, (C) secas devido à escassez de precipitação.

É nesse âmbito que existe, a nível mundial, um debate político e público para se decidir que acção se deve tomar para reduzir ou reverter o aquecimento global futuro.

Foi dentro deste panorama que a maioria dos governos, incluindo o de Moçambique, assinou e ratificou o Protocolo de Quioto, que visa, entre outros, o combate à emissão de gases de estufa.

Mas, então, o que é o efeito de estufa do planeta Terra?

Uma estufa, tal como as utilizadas na agricultura, é uma câmara fechada, na qual as paredes e o tecto permitem reter o calor, mantendo, desse modo, o ambiente aquecido.

Na Terra esse efeito é semelhante – o efeito de estufa é um processo que ocorre quando uma parte da radiação solar reflectida pela superfície terrestre é absorvida por determinados gases presentes na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido de dinitrogénio (N_2O), os clorofluorocarbonetos (CFC) e também o vapor de água ($\text{H}_2\text{O}(\text{g})$), designados por gases de estufa. Este efeito é de vital importância dentro de um determinado limite, pois, sem ele,



Fig. 21 – Estufa utilizada na agricultura.

a vida na Terra como a conhecemos não poderia existir. Na verdade, ele serve para manter o planeta aquecido e, desse modo, garantir a manutenção da vida, com temperaturas mais amenas e adequadas.

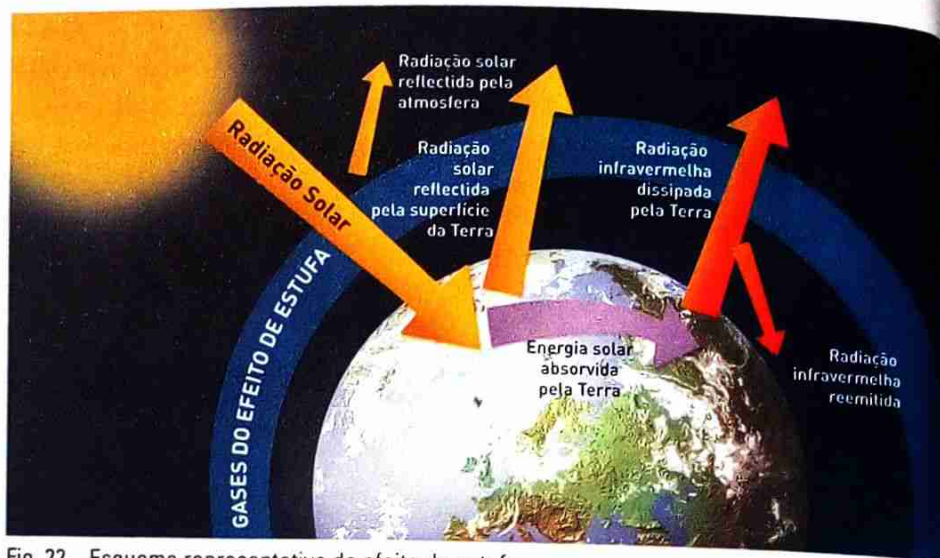


Fig. 22 – Esquema representativo do efeito de estufa.

Porém, o efeito de estufa pode tornar-se catastrófico se houver um agravamento do mesmo, provocando a desestabilização do equilíbrio energético da Terra e, conseqüentemente, o aquecimento global. Isto tem ficado cada vez mais claro, pois a poluição dos últimos anos tornou mais espessa a camada de gases de estufa existentes na atmosfera, o que impede a dispersão da energia proveniente do Sol, que aquece e ilumina a Terra, e também retém a radiação infravermelha (calor) emitida pela superfície do planeta.

Como sabes, muitos desses gases são produzidos na Natureza como resultado de erupções vulcânicas, da respiração, da decomposição de matéria orgânica e da fumaça de grandes incêndios naturais. Porém, a quantidade actual dos mesmos é devida, em grande parte, actividade humana.

A atmosfera é a camada gasosa que envolve o nosso planeta. Os seus principais gases são o azoto ou nitrogénio (N_2) e o oxigénio (O_2), que, juntos, compõem cerca de 99% da atmosfera. Outros gases encontram-se presentes em pequenas quantidades, incluindo os conhecidos como gases de estufa.

Historicamente, os países industrializados têm sido responsáveis pela maior parte das emissões globais de gases de efeito de estufa. Contudo, na actualidade, vários países em desenvolvimento, entre eles a China, a Índia e o Brasil, também se encontram entre os grandes emissores. Enquanto a maior parte das emissões decorrentes da queima de combustíveis fósseis (75% das emissões globais de CO_2) provém dos países industrializados, as emissões decorrentes das mudanças no uso dos solos (25% das emissões globais de CO_2) têm como seus maiores responsáveis os países em desenvolvimento.

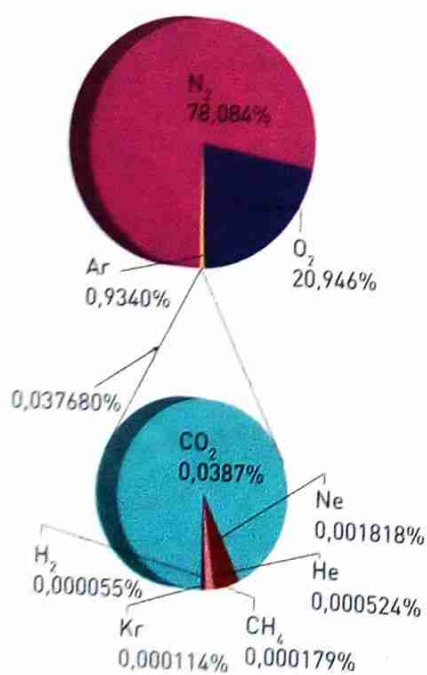
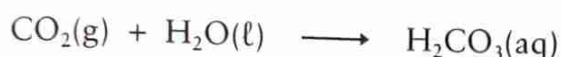


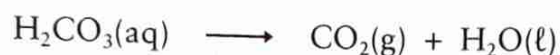
Fig. 23 – Gases que constituem a atmosfera terrestre.

3.6. O ácido carbônico – propriedades físicas e químicas

Quando o dióxido de carbono se dissolve em água, uma pequena parte combina-se com esta, formando o ácido carbônico, H_2CO_3 :



Este é, no entanto, um ácido fraco e instável que facilmente se decompõe nos seus componentes, dióxido de carbono e água:



O ácido carbônico em solução aquosa tem, como todos os ácidos, a capacidade de se dissociar, dando origem, neste caso, a iões hidrogénio (H^+) e iões carbonato (CO_3^{2-}). Porém, essa dissociação, que ocorre por fases, é parcial:



3.7. Carbonatos – ocorrência na Natureza e aplicações

Os carbonatos são os sais do ácido carbônico. Destes, o mais abundante na Natureza é o carbonato de cálcio, CaCO_3 , que se encontra sob a forma de calcário, giz e mármore.

Moçambique é um país rico em carbonato de cálcio, sendo possível encontrar este mineral na forma de mármore no distrito de Montepuez, na província de Cabo Delgado, e na forma de calcário em Muanza, Nacala e Salamanga, nas províncias de Sofala, Nampula e Maputo, respectivamente.

Os carbonatos também constituem parte integrante dos organismos vivos, nos quais formam estruturas que lhes conferem rigidez, tais como os ossos, os dentes, entre outras.

As cascas dos ovos, as conchas dos moluscos, entre outras, são formações que contêm carbonato de cálcio na sua constituição.



Fig. 24 – Carbonato de cálcio, CaCO_3 .

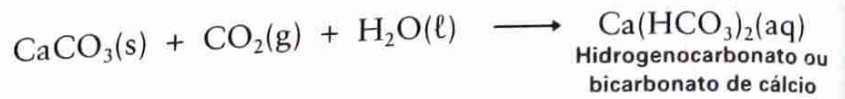


Fig. 25 – O carbonato de cálcio está presente, por exemplo: (A) no mármore, (B) nas conchas e (C) nos ossos.

Actividades

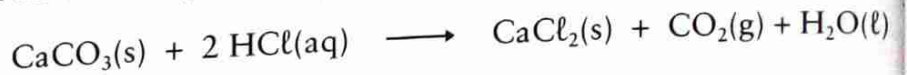
1. Que tipos de sais formam o ácido carbónico?
 2. Escreve a equação da reacção entre o ácido carbónico e o calcário.
 3. Em que província de Moçambique se encontram as maiores reservas de mármore?
 4. Indica duas aplicações do mármore e do calcário.
 5. Qual é o gás que se liberta nos seguintes processos?
 - a) Pó de mármore a reagir com ácido clorídrico.
 - b) Cascas de ovo a reagir com ácido clorídrico.
 - c) Pó de giz a reagir com ácido clorídrico.
 - d) Pó de conchas do mar a reagir com ácido clorídrico.
- Escreve as equações das respectivas reacções.

O carbonato de cálcio é insolúvel em água. Porém, quando esta encontra saturada em dióxido de carbono, forma-se o ácido carbónico, que conduz à dissolução do carbonato de cálcio através da formação de bicarbonato de cálcio ou hidrogenocarbonato de cálcio ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), que é solúvel.



Este fenómeno ocorre frequentemente na Natureza, sendo a principal causa da erosão química das rochas calcárias e a principal fonte de bicarbonato de cálcio na água.

Os carbonatos reagem facilmente com ácidos, formando, além do sal do ácido respectivo, dióxido de carbono e água:

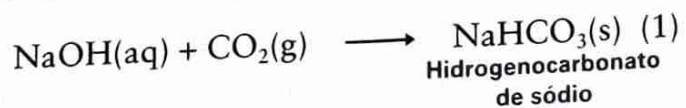


Esta reacção é muitas vezes usada para identificar a presença de carbonatos.

Como viste na 9.ª classe, o ácido carbónico forma dois tipos de sais:

- hidrogenocarbonatos ou bicarbonatos – sais ácidos;
- carbonatos – sais neutros.

Os sais do ácido carbónico podem ser obtidos pela acção do dióxido de carbono sobre as bases (reacções (1) e (2)) ou pela reacção entre os sais solúveis do ácido carbónico e os sais de outros ácidos (reacção (3)) como o demonstram as equações químicas que se seguem:



Enquanto a maioria dos hidrogenocarbonatos é solúvel em água, os carbonatos (excepto os de metais alcalinos e de amónio) são pouco solúveis em água.

O ácido carbónico forma dois tipos de sais:

- hidrogenocarbonatos ou bicarbonatos – sais ácidos;
- carbonatos – sais neutros.

Aplicações dos carbonatos mais importantes

O calcário é usado no fabrico de cimento, vidro, cal viva (CaO), cal apagada (Ca(OH)_2) e adubos. O mármore é maioritariamente usado na construção civil.

Os carbonatos de sódio e potássio (Na_2CO_3 e K_2CO_3) são utilizados no fabrico de sabão e vidro e nas indústrias de papel e têxtil.

Os carbonatos, à semelhança das bases, podem ser usados para a neutralização dos ácidos. Daí a utilização de carbonato de cálcio triturado para o tratamento de águas e solos demasiado ácidos.



Fig. 25 – Os carbonatos são utilizados, por exemplo: no fabrico de (A) cimento, (B) vidro e (C) sabão; (D) na neutralização de águas demasiado ácidas.

Os carbonatos têm variadas aplicações: são usados no fabrico de cimento, vidro, cal, adubos, papel..., neutralizam os solos ácidos e as águas ácidas, entre outras.

4. O silício

O silício (Si), que em latim significa “pedra dura”, é o segundo elemento mais abundante da Terra, perfazendo 25,7% do peso desta. O silício, na Natureza, não se encontra no estado livre, mas na forma combinada está presente na argila, no feldspato, no granito, no quartzo e na areia, surgindo, normalmente, nas formas de dióxido de silício ou sílica (SiO_2) e de silicatos.

Descoberto por Jöns Jacob Berzelius em 1823, este elemento ocorre muito pouco nos organismos vivos, excepto em alguns organismos marinhos, como as radiolárias, as esponjas sílicas e as algas diatomites, que acumulam grandes quantidades de silício.

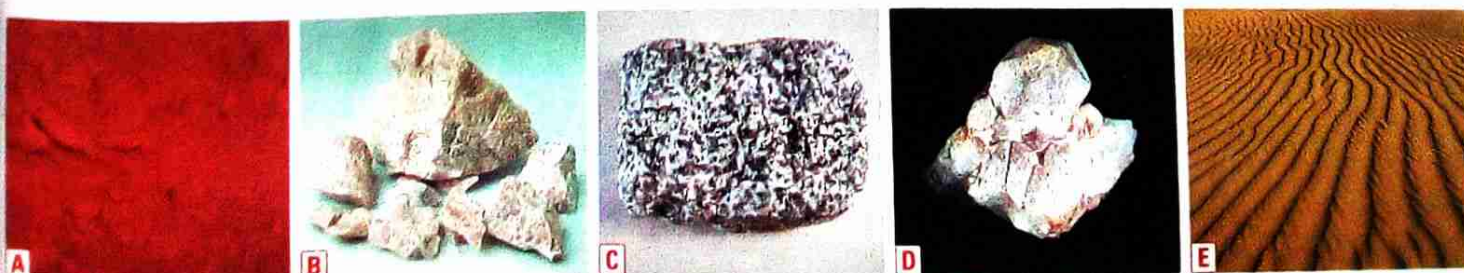
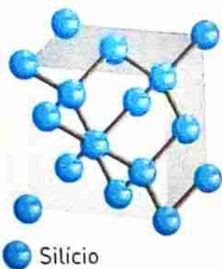


Fig. 27 – O silício é um elemento químico que está presente, por exemplo: (A) na argila, (B) no feldspato (C) no granito, (D) no quartzo e (E) na areia.



B Silício

Fig. 28 – Cristal de silício (A) e respectiva estrutura cristalina (B).

4.1. Estado natural e propriedades físicas e químicas do silício

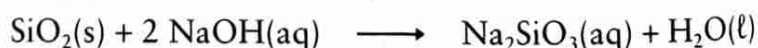
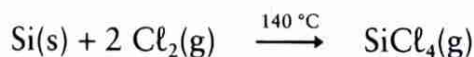
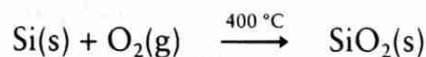
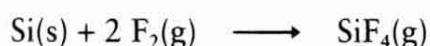
Tal como o carbono, o silício também apresenta quatro electrões na última camada. Porém, os seus electrões encontram-se mais afastados do respectivo núcleo, sendo, por isso, menos atraídos por ele comparativamente aos electrões do carbono.

O silício é um semimetal. Na Tabela Periódica encontra-se no limite dos metais, tendo à sua esquerda o alumínio (metal), à sua direita o fósforo (não-metal) e por baixo o germânio (semimetal). Assim, as propriedades deste são intermédias em relação às do carbono e do germânio.

A rede cristalina do silício é semelhante à do diamante, porém, as ligações entre os átomos não têm a mesma estabilidade que as do diamante. Ao contrário do diamante, o silício conduz a corrente eléctrica quando aquecido ou quando contém algumas impurezas. Esta propriedade permite que seja muito usado como principal componente da maioria dos semicondutores.

Na produção de semicondutores incorporam-se átomos de elementos de uma outra valência na rede cristalina do silício para criar um excesso ou uma deficiência de electrões e melhorar, deste modo, as propriedades semicondutoras deste. Consoante o elemento incorporado, produzem-se cristais com propriedades eléctricas muito específicas.

À temperatura ambiente é um elemento relativamente inerte, combinando-se somente com o flúor. Quando aquecido, reage com o oxigénio, o enxofre e os halogéneos. Também reage energeticamente com bases (hidróxidos), mas não reage com ácidos, excepto com o ácido fluorídrico.



Obtenção do silício

O silício é obtido pela redução do dióxido de silício, resultado da combustão do coque em fornos eléctricos, ou pela reacção de magnésio com areia fina a alta temperatura em presença do ar.



Aplicações do silício

Os cristais de silício de alta pureza caracterizam-se por uma baixa condutibilidade. Contudo, a introdução de impurezas na sua estrutura básica aumenta muito a sua condutibilidade, tornando-o num dos elementos mais usados no fabrico de semicondutores, transístores, circuitos integrados e células fotoelétricas.

Dada a sua elevada resistência, os aparelhos construídos em silício podem suportar temperaturas na ordem dos 2500 °C.

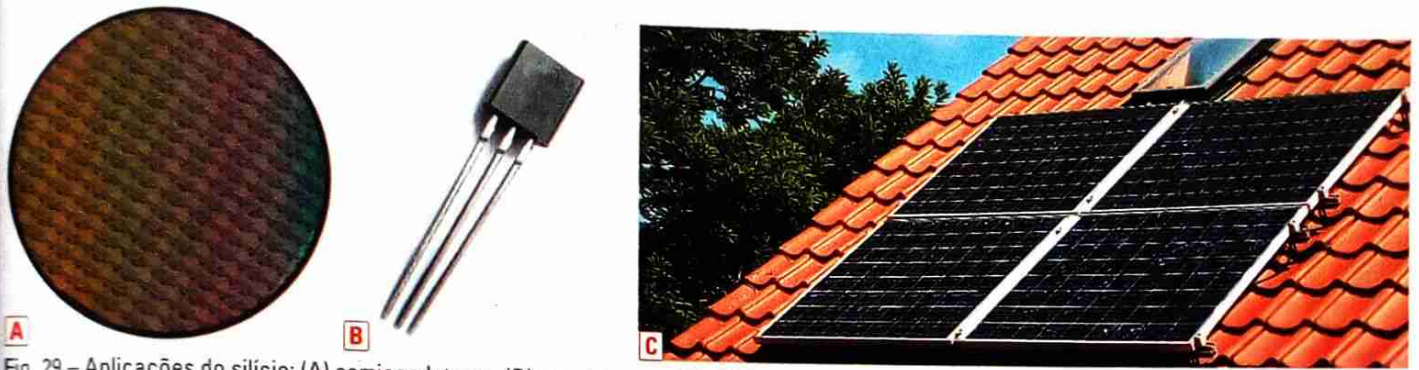


Fig. 29 – Aplicações do silício: (A) semicondutores, (B) transístores e (C) células fotoelétricas.

4.2. Dióxido de silício – propriedades físicas e químicas e aplicações



Fig. 30 – Dióxido de silício.

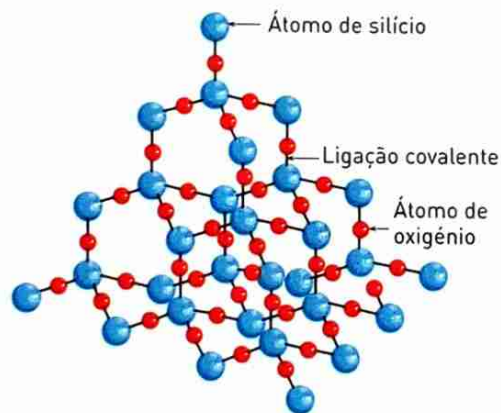


Fig. 31 – Estrutura do dióxido de silício.

O dióxido de silício (ou **quartzo** ou **sílica**), de fórmula química SiO_2 , é uma substância sólida de difícil fusão que se pode encontrar na Natureza, na forma cristalina ou na forma amorfa. A forma amorfa é um estado em que o composto apresenta forma irregular, ou seja, não apresenta uma estrutura própria, enquanto a forma cristalina é aquela em que composto apresenta uma estrutura definida e regular.

O dióxido de silício é o principal componente do silicone.

Na Natureza, o dióxido de silício cristalino encontra-se na forma que conhecemos como quartzo (mineral). É a partir dos grãos de quartzo que se forma a areia comum.



Fig. 32 – O dióxido de silício é um dos principais componentes do silicone, que é utilizado, por exemplo, em formas para bolos.

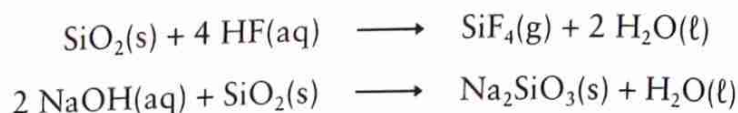
Actividades

1. Compara os átomos de carbono, silício, sódio e cloro relativamente à sua estrutura e reactividade.
2. Apresenta as principais semelhanças e diferenças entre o silício e o carbono.
3. Por que razão o silício é usado na produção de semicondutores?
4. Faz uma pesquisa sobre os silicatos e apresenta algumas das suas variadas aplicações.

Este óxido é muito duro, insolúvel em água e funde a 1610 °C transformando-se num líquido incolor que, após arrefecimento, forma uma massa vítrea.

O dióxido de silício amorfo é menos abundante na Natureza.

Possui propriedades ácidas, mas não reage com água nem com ácidos, excepto o ácido fluorídrico, originando, neste caso particular, fluoreto de silício e água. Também reage com bases, formando silicatos.



4.3. Silicatos – ocorrência na Natureza e sua importância

Os silicatos são compostos formados pela substituição de átomos de hidrogénio dos diferentes ácidos silícicos – ácido ortossilícico (H_4SiO_4) e ácido metassilícico (H_2SiO_3) – por metais. Os silicatos são sais dos ácidos de silício. À excepção dos silicatos de sódio e potássio, os restantes silicatos são insolúveis em água.

Estas substâncias podem encontrar-se na Natureza sob a forma de argilas e pedras preciosas, como, por exemplo, esmeraldas e águas-marinhas.

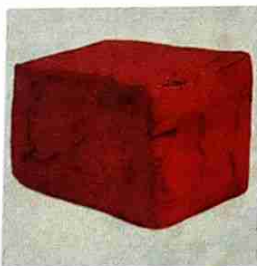


Fig. 33 – Argila.



Fig. 34 – Esmeraldas.



Fig. 35 – Águas-marinhas.

Moçambique é um país rico em pedras preciosas e semipreciosas de entre as quais se destacam também as esmeraldas e as águas-marinhas, recentemente também descobertas em Cabo Delgado. Além daquela província salientam-se as províncias de Niassa, Tete, Manica, Zambezia e Nampula como regiões onde ocorrem estes recursos minerais bastante valiosos.

Os silicatos são usados como matéria-prima, sendo o principal componente na produção de vidro, cimento, produtos de cerâmica, entre outros. Adicionalmente, os aluminossilicatos são utilizados no processo de tratamento de água.

4.4. Produção de vidro, cimento e cerâmica

► O vidro e suas aplicações

O vidro é um material que todos conhecemos do dia-a-dia e que está presente na maioria dos locais, como, por exemplo, em nossas casas, nas escolas, nos hospitais, nos restaurantes, etc. Na realidade, este material fascinante é uma substância amorfa, rígida, dura e transparente. No entanto, o vidro, geralmente, é frágil, quebrando-se com facilidade. É insolúvel em água, ácidos (excepto no ácido fluorídrico) e bases.

O vidro comum produz-se pela mistura que se faz entre a areia (SiO_2), o calcário (CaCO_3) e o carbonato de sódio (Na_2CO_3). Esta mistura é aquecida a cerca de $1400\text{ }^\circ\text{C}$ até fundir. De seguida, deixa-se arrefecer bruscamente, formando-se assim o vidro. Consoante as proporções utilizadas de cada um dos componentes referidos e do acréscimo de outros, podem ser produzidos vários tipos de vidro, de acordo com a sua finalidade.

No nosso país, o vidro era produzido na Companhia Vidreira de Moçambique, localizada na Machava, na província de Maputo. Em 2010, o Governo vendeu a Vidreira de Moçambique à empresa moçambicana Sonil que retomará o fabrico de vidro.



Fig. 36 – O vidro contém na sua composição areia, que é composta essencialmente por sílica.



Fig. 37 – O vidro tem imensas aplicações no dia-a-dia.

► O cimento e suas aplicações

O cimento é um dos materiais de construção mais importantes em todo o mundo, servindo mesmo como indicador económico de um país.

Obtém-se pelo aquecimento de uma mistura de calcário (CaCO_3) e argila a altas temperaturas. Durante a “cozedura”, o calcário decompõe-se formando dióxido de carbono (CO_2) e cal viva (CaO). A cal viva, em contacto com a argila, forma os silicatos e os aluminatos de cálcio, que constituem o cimento.

Existem vários tipos de cimento. O cimento ordinário ou de Portland é aquele que apresenta a qualidade exigida para a construção civil.

No nosso país, este tipo de cimento é produzido pela empresa Cimentos de Moçambique, situada em Matola, na província de Maputo, com sucursais em Nacala, na província de Nampula e Dondo, na província de Sofala. O cimento é depois utilizado na construção de edifícios e pontes.

Como sabes, o cimento é aplicado na obtenção da argamassa e do betão. A argamassa resulta de uma mistura de cimento, areia e água que solidifica quando exposta ao ar. Da mistura entre a argamassa e a brita obtém-se o betão ou concreto. A introdução de ferro no betão permite produzir o betão armado. Todos estes materiais são muito importantes na engenharia de construção civil.



Fig. 38 – O cimento contém na sua composição argila, que é um silicato de alumínio hidratado.



Fig. 39 – O cimento é utilizado essencialmente na construção civil.

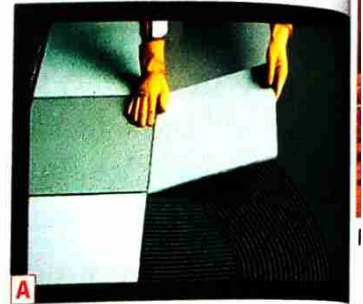


Fig. 40 – A partir do cimento obtêm-se materiais de construção como: (A) argamassa e (B) o betão.

► A cerâmica e suas aplicações

Designam-se por cerâmica os materiais e artigos fabricados a partir de argila, carbetos e óxidos de alguns metais.

O processo de produção de artigos de cerâmica consiste na preparação da massa do mesmo nome, respectiva moldagem, secagem e cozimento. Estas operações realizam-se de formas diferentes, em função do produto desejado e da aplicação do mesmo.

Em função da sua aplicação, os artigos de cerâmica dividem-se em:

- **Cerâmica de construção** – engloba materiais como tijolos, telhas, tubos, chapas de revestimento, entre outros.

- Cerâmica habitual – abrange os artigos de louça e porcelana como, por exemplo, pratos, chávenas, potes, entre outros.
- Cerâmica técnica – inclui a produção de isoladores, condensadores, velas de ignição, cadinhos de alta temperatura e tubos.
- Cerâmica quimicamente resistente – emprega-se na indústria química.

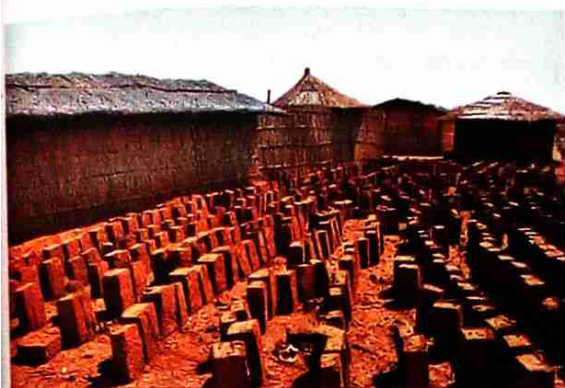


Fig. 41 – Cerâmica de construção.



Fig. 42 – Cerâmica habitual.



Fig. 43 – Cerâmica técnica.



Fig. 44 – Cerâmica quimicamente resistente.

Alguns artigos de cerâmica são cobertos por esmalte, isto é, por uma camada fina de material vítreo que torna a cerâmica impermeável à água, protegendo-a, assim, contra a acção de ácidos e bases e conferindo-lhe brilho.

Em Moçambique, os produtos de cerâmica são fabricados tanto por processos caseiros como industriais.

Actividades

1. Das afirmações seguintes, selecciona a única opção correcta.
 - (A) Os silicatos são sais do ácido carbónico.
 - (B) O vidro é uma substância amorfa, transparente e rígida, usada no fabrico de louça.
 - (C) Em Moçambique, o cimento é produzido nas províncias de Tete, Nampula e Sofala.
 - (D) Os artigos de cerâmica só são produzidos em Moçambique pelo processo caseiro.
2. Indica as principais aplicações do vidro, do cimento e da cerâmica.
3. Quais são os dois materiais muito importantes para a construção civil produzidos a partir do cimento?

RESUMO

Os **elementos do IV grupo principal** da Tabela Periódica são o carbono (C), o silício (Si), o germânio (Ge), o estanho (Sn) e o chumbo (Pb).

Apesar de apresentarem números atómicos diferentes, todos os átomos destes elementos possuem **quatro electrões de valência**, sendo a estrutura atómica que define as semelhanças e diferenças nas propriedades dos elementos e seus compostos.

As **formas alotrópicas do carbono** são: o **carbono amorfo**, o **diamante** e a **grafite**. Recentemente foram descobertas outras formas do carbono – os **fulerenos** e os **nanotubos**.

O **carbono amorfo** não tem estrutura cristalina e é informalmente chamado de carvão ou fuligem. No entanto, ambos são produtos de uma reacção de pirólise, que não produz verdadeiramente carbono amorfo, em condições normais.

O **diamante** é uma substância muito dura, incolor, transparente e não conduz a corrente eléctrica. Os seus cristais possuem **estrutura cúbica** e é usado na joalharia e como instrumento de corte.

A **grafite** é de cor cinzento-escura, opaca, macia, leve, frágil, possui brilho metálico e conduz a corrente eléctrica. Tem **estrutura hexagonal** em camadas sobrepostas e é usada no fabrico de lápis e electrodos.

Existem dois tipos de carvão:

- **carvão mineral**, cujas variedades são a trufa, a lenhite, a hulha e a antracite, que variam consoante o teor em carbono e consequente poder calorífico;
- **carvão artificial**, cujas variedades são o carvão vegetal ou de madeira, o coque, o carvão animal e a fuligem ou negro de fumo.

Para tornar o carvão economicamente mais rentável, usam-se processos industriais apropriados. Tais processos são a **gaseificação** e a **coqueificação** ou **desgaseificação**.

O carvão é usado numa série de áreas económicas, como a produção de energia, a indústria química e a indústria farmacêutica.

O carbono forma os seguintes óxidos:

- **monóxido de carbono** (CO) – apesar de ser um gás tóxico, é um bom redutor utilizado na metalurgia e na indústria química;
- **dióxido de carbono** (CO₂) – tem várias aplicações; é usado nos extintores e na indústria alimentar. Porém, a sua produção descontrolada pelo ser humano pode contribuir para o aquecimento global, devido ao aumento do efeito de estufa.

O **efeito de estufa** trata-se de um mecanismo que a Terra possui para manter constante a sua temperatura média e sem o qual não seria possível existir vida. Os gases responsáveis pelo efeito de estufa são: o dióxido de carbono, o monóxido de carbono, o óxido de dinitrogénio, o metano, os clorofluorocarbonetos e o vapor de água. A emissão exagerada destes gases para a atmosfera faz com que o efeito de estufa aumente e dê origem ao **aquecimento global**.

O **ácido carbónico** (H₂CO₃) forma dois tipos de sais: os **hidrogenocarbonatos** ou **bicarbonatos** (sais ácidos) e os **carbonatos** (sais neutros). Os carbonatos ocorrem na Natureza principalmente na forma de calcário e mármore, bastante importantes em vários domínios da actividade económica.

O **silício** ocorre na Natureza sob a forma de **dióxido de silício** ou **silica** (SiO₂) e **silicatos**.

O silício, o dióxido de silício e os silicatos são economicamente muito importantes.

O **silício** é aplicado, entre outros, na produção de **semicondutores** e na **electrónica**.

O **dióxido de silício** e os **silicatos** são vastamente aplicados na construção civil. A partir deles produzem-se objectos de **cerâmica**, **vidro**, **cimento**, **argamassa**, **betão**, entre outros. Um dos novos produtos à base de silício é o **silicone**, cuja aplicação é também bastante importante e envolve os mais variados sectores da actividade humana.

Actividades

1. Apresenta o modelo atómico dos elementos carbono e silício, usando o modelo de camadas.
2. Quais são as principais formas alotrópicas do carbono?
3. Que formas alotrópicas do carbono existem em Moçambique?
4. Descreve as diferenças entre as principais formas alotrópicas do carbono.
5. Quais são as aplicações do diamante?
6. Quais são as aplicações da grafite?
7. Em que províncias de Moçambique existem minas de carvão?
8. Qual é o tipo de carvão existente em Moçambique?
9. Qual é a utilidade do carvão mineral?
10. Será que Moçambique produz carvão vegetal? Justifica a tua resposta.
11. Quais são as propriedades do carvão activado e que aplicações pode ter?
12. O que entendes por coqueificação ou desgaseificação?
13. O que entendes por gaseificação?
14. Quais são os óxidos do carbono?
15. Quantas ligações químicas apresenta o carbono nos óxidos que forma?
16. Enumera as principais aplicações dos óxidos do carbono.
17. Escreve as principais equações das reacções químicas que conduzem à formação dos óxidos do carbono.
18. O que entendes por aquecimento global?
19. Em poucas palavras apresenta os prós e os contras relativos ao efeito de estufa.
20. Quais são os principais gases de estufa?
21. Desenha um modelo criativo da tua autoria representando o efeito de estufa.
22. Que actividades humanas podem causar o aumento dos gases de estufa?
23. Por que razão as medidas adoptadas em convenções internacionais não têm evitado o aumento da temperatura média da superfície terrestre?
24. Quais são as radiações emitidas pelo Sol? Qual delas é responsável pelo aquecimento da Terra?
25. O que é o efeito de estufa?
26. Quais são as consequências do aquecimento global para o ambiente e para a Humanidade?
27. Que massa de oxigénio (em gramas) é necessária para queimar 36 g de carbono, na sua totalidade?
28. Calcula a massa da água, em gramas, e o volume de CO_2 , em litros, que são formados pela reacção de 200 g de carbonato de cálcio (CaCO_3) com ácido clorídrico (HCl) em condições normais de pressão e temperatura.

Agora vou experimentar

► EXPERIÊNCIA 1

PODER ADSORVENTE DO CARVÃO VEGETAL

MATERIAIS:

- Garrafa de plástico vazia com tampa
- Copo de plástico descartável
- Prego
- Pedaco de pano de algodão

REAGENTES:

- Carvão vegetal triturado
- Carvão activado
- Refrigerante colorido ou vinho tinto

PROCEDIMENTO:

1. Cortar cuidadosamente a garrafa de plástico pela base.
2. Com o prego fazer diversos furos na tampa e enroscá-la à garrafa.
3. Colocar o pedaco de pano de algodão no interior da garrafa e, por cima deste, colocar o carvão vegetal até metade do seu volume.
4. Posicionar a garrafa na vertical, com a tampa virada no sentido do chão, e colocar um copo por baixo desta.
5. Verter lentamente o refrigerante ou o vinho no carvão vegetal e recolher o filtrado no copo.
6. Repetir todos os procedimentos substituindo o carvão vegetal por carvão activado.
7. Anotar todas as observações e tirar as devidas conclusões.

► EXPERIÊNCIA 2

OBTENÇÃO LABORATORIAL DO DIÓXIDO DE CARBONO A PARTIR DE SUBSTÂNCIAS NATURAIS

MATERIAIS:

- Garrafa de plástico vazia com tampa
- Copo de plástico descartável
- Palhinha ou tubo de borracha

REAGENTES:

- Pó de giz
- Pó de mármore
- Cascas de ovo
- Pó de conchas de moluscos
- Ácido clorídrico
- Vinagre branco

PROCEDIMENTO:

1. Fazer um buraco na tampa da garrafa plástica e inserir uma palhinha ou um tubo de borracha.
2. Colocar na garrafa uma porção de pó de giz e ácido clorídrico. Fechar imediatamente a garrafa com a tampa.
3. Observar e anotar todas as observações.
4. Tirar as devidas conclusões.
5. Repetir o procedimento dos pontos 1. a 4., substituindo o giz por pó de mármore, cascas de ovo ou pó de conchas de moluscos.
6. Repetir os procedimentos de 1. a 5., substituindo o ácido clorídrico por vinagre.

▶ EXPERIÊNCIA 3

PROPRIEDADES DO DIÓXIDO DE CARBONO

MATERIAIS:

- Garrafa de plástico vazia com tampa
- Copo de plástico descartável
- Palhinha ou tubo de borracha
- Vela
- Fósforos

REAGENTES:

- Pó de giz
- Pó de mármore
- Cascas de ovo
- Pó de conchas de moluscos
- Ácido clorídrico
- Água
- Solução de hidróxido de cálcio ou de bário
- Papel indicador de pH

3A) Propriedade extintora do dióxido de carbono

PROCEDIMENTO:

1. Realizar a experiência 2 utilizando o ácido clorídrico e qualquer uma das substâncias sólidas, mas fechar o orifício da palhinha.
2. Depois de algum tempo de efervescência, abrir o orifício da palhinha em frente à chama da vela.
3. Observar e anotar as observações.
4. Tirar as devidas conclusões.

3B) Propriedades ácidas do dióxido de carbono

PROCEDIMENTO:

1. Preparar um copo descartável com cerca de 20 mL de água.
2. Realizar a experiência 2 utilizando o ácido clorídrico e qualquer uma das substâncias sólidas, mas fazer borbulhar o gás que se liberta pela palhinha no copo contendo água.
3. Com papel indicador de pH analisar o carácter da solução.
4. Observar e anotar as observações.
5. Tirar as devidas conclusões.

3C) Identificação dos carbonatos

PROCEDIMENTO:

1. Preparar um copo descartável com cerca de 5 mL de solução de hidróxido de cálcio ou de bário.
2. Realizar a experiência 2 utilizando o ácido clorídrico e qualquer uma das substâncias sólidas, mas fazer borbulhar o gás que se liberta pela palhinha no copo contendo a solução de hidróxido de cálcio ou de bário.
3. Observar e anotar as observações.
4. Tirar as devidas conclusões.

RESPONDE ÀS SEGUINTEs QUESTÕES:

1. Que propriedades apresenta o carvão na experiência 1?
2. Qual é o gás que se liberta nas experiências 2 e 3?
3. Escreve as equações das reacções das experiências 2 e 3.
4. Que propriedades apresenta o dióxido de carbono?
5. Que formas diferentes existem para identificar carbonatos?
6. Indica outros materiais que conheces do dia-a-dia e que contêm carbonatos na sua estrutura.

2

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA QUÍMICA ORGÂNICA

1. HISTÓRIA DA QUÍMICA ORGÂNICA
2. IMPORTÂNCIA E OBJECTO DE ESTUDO DA QUÍMICA ORGÂNICA
3. DISTINÇÃO ENTRE COMPOSTOS ORGÂNICOS E INORGÂNICOS
4. CADEIAS CARBÓNICAS – CONCEITO E CLASSIFICAÇÃO
5. CLASSIFICAÇÃO DO CARBONO COM BASE NA CADEIA CARBÓNICA
6. TIPOS DE FÓRMULAS QUÍMICAS – MOLECULAR, RACIONAL E ESTRUTURAL

2

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA QUÍMICA ORGÂNICA

Vou aprender

- O que é a Química Orgânica
- A história do surgimento e desenvolvimento da Química Orgânica
- A reconhecer a importância da Química Orgânica para a Humanidade
- A distinguir compostos orgânicos de compostos inorgânicos
- A conhecer e designar os diferentes tipos de fórmulas usados na Química Orgânica
- A classificar as cadeias carbônicas que ocorrem nos compostos orgânicos
- A conhecer as diferentes funções orgânicas

1. História da Química Orgânica

Os compostos e as reações químicas orgânicas são conhecidos e utilizados pela Humanidade há muito tempo. Desde os primórdios da existência humana, as civilizações, sem, no entanto, estabelecerem necessariamente uma relação directa com a Química como ciência, vêm aplicando muitos conhecimentos de Química Orgânica no cotidiano.

As informações que possuímos hoje mostram que, de facto, povos da Antiguidade, como os Egípcios, os Gregos, os Fenícios, Romanos, entre outros, já eram capazes de produzir uma série de substâncias, como, por exemplo:

- o vinho e o vinagre por fermentação do sumo de frutos;
- o açúcar a partir da cana-de-açúcar;
- uma série de corantes para tingir tecidos e esteiras;
- excitantes e estupefacientes;
- uma série de purgativos, diuréticos, vermífugos, abortivos e analgésicos aplicados na medicina por extração a partir de plantas, ...



Fig. 1 – Exemplos de substâncias orgânicas produzidas já na Antiguidade: (A) vinho, (B) vinagre, (C) corantes para tecidos e esteiras e (D) medicamentos obtidos a partir da extração de plantas.

Ou seja, embora estes povos ainda não tivessem a noção da natureza química dos processos que utilizavam, já usavam inconscientemente esta ciência nas suas vidas.

Como ciência, a Química surgiu e desenvolveu-se a partir dos finais do século XVIII e início do século XIX.

Foi no século XVIII que Carl Wilhelm Scheele conseguiu isolar o ácido tartárico ($C_4H_6O_6$) da uva, o ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) do limão, o ácido láctico ($C_3H_6O_3$) do leite, a glicerina ($C_3H_8O_3$) da gordura, a ureia (CH_4N_2O) da urina, entre outros.

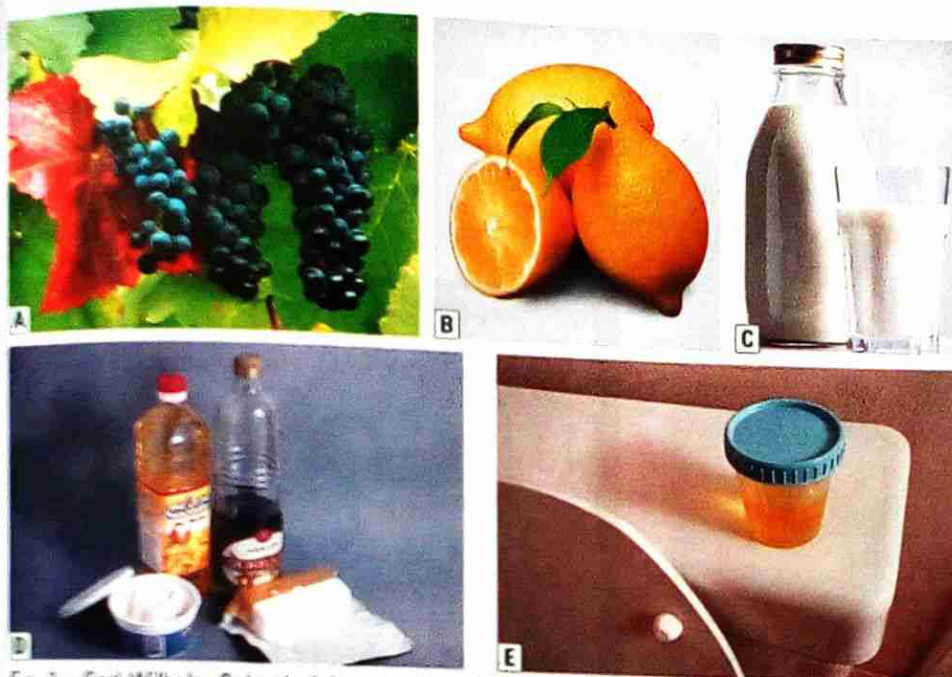


Fig. 3 - Carl Wilhelm Scheele foi o primeiro químico a isolar compostos orgânicos, como, por exemplo: (A) o ácido tartárico da uva, (B) o ácido cítrico do limão, (C) o ácido láctico do leite, (D) a glicerina da gordura e (E) a ureia da urina.

Foi devido à descoberta revolucionária destes novos compostos que Torbern Olof Bergman definiu a Química Orgânica como sendo a química dos compostos existentes nos organismos vivos e a Química Inorgânica como a química dos compostos do reino mineral.

Naquela época, os químicos acreditavam que a Natureza possuía uma certa força sobrenatural, à qual chamavam "força vital", que pressupunha que as substâncias orgânicas só poderiam existir nos organismos vivos sob influência da força divina. Pensava-se que as substâncias orgânicas jamais poderiam ser sintetizadas artificialmente em laboratórios, a não ser por organismos vivos.

Nessa mesma altura, Antoine Lavoisier analisou vários compostos orgânicos e constatou que todos continham o elemento químico carbono na sua composição.



Fig. 4 - Torbern Olof Bergman (1735-1784), cientista de origem sueca.



Fig. 5 - Antoine Lavoisier (1743-1794), químico francês, é considerado o criador da química moderna.

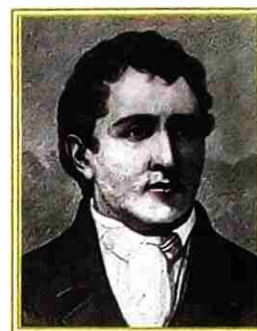


Fig. 2 - Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), químico de origem sueca.



Fig. 6 - Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), químico sueco, formulou a teoria da "força vital".

A teoria da "força vital" foi formulada por Jöns Jacob Berzelius em 1807. Porém, cerca de 20 anos mais tarde esta acabou por ser refutada devido às descobertas feitas, em 1828, pelo químico alemão Friedrich Wöhler, ironicamente aluno de Berzelius, quando sintetizou, pela primeira vez, em laboratório um composto orgânico, ureia, por aquecimento de um composto inorgânico, o cianato de amônio:



Fig. 7 - Friedrich Wöhler (1800-1882), químico alemão, precursor no campo da química orgânica, famoso pela síntese do composto orgânico ureia.



Fig. 8 - A síntese da ureia foi um marco para a Química, pois contribuiu para a demonstração, ao contrário do pensamento científico da época, que um produto dos processos vitais (orgânicos) pode ser obtido em laboratório a partir de matéria inorgânica.

A esta síntese seguiram-se muitas outras que originaram outros tantos compostos orgânicos, como a síntese do ácido acético por Hermann Kolbe, em 1845, ou a síntese da gordura por Marcellin Berthelot, em 1854. Desse modo abandonou-se definitivamente as ideias da "força vital".

Como consequência destes desenvolvimentos na Química, e em particular na Química Orgânica, Friedrich Kekulé propôs, em 1858, uma definição de Química Orgânica, que usamos ainda nos dias de hoje: **é a química dos compostos de carbono.**

Na verdade, com exceção de alguns compostos que têm o elemento carbono na sua constituição, como são os casos dos compostos CO_2 , CO , CS_2 , HCN , H_2CO_3 , carbonatos e NH_4OCN , que são inorgânicos, os restantes compostos, que existem em número bastante elevado, são orgânicos. Contudo, por razões históricas, manteve-se a definição de Kekulé.



Fig. 9 - Friedrich August Kekulé (1829-1896), químico alemão, defendeu que a valência do átomo de carbono era quatro e que uma das quatro ligações de um desses átomos podia ser usada para se ligar a outro átomo de carbono. Propôs uma estrutura em anel hexagonal para o benzeno e foi um dos grandes impulsionadores da Química Orgânica.

A Química Orgânica é o ramo da Química que estuda os compostos de carbono.

A quantidade de sínteses orgânicas aumentou muito na segunda metade do século XIX, o que levou ao estabelecimento de uma nova série de indústrias químicas no Mundo.

No século XX o carvão foi substituído pelo petróleo e com a descoberta de muitos plásticos, como o *teflon* e o poliéster, entre outros, a indústria química passou a proporcionar à Humanidade muitos produtos novos que vieram revolucionar o nosso quotidiano, a nossa cultura e o nosso bem-estar.

Nesta unidade vamos entender melhor por que razão se deve estudar Química Orgânica e qual a sua importância para o nosso dia-a-dia e para o nosso futuro.



Fig. 10 – A Química Orgânica permitiu a descoberta de produtos que revolucionaram as nossas vidas, como, por exemplo: (A) os plásticos, (B) o poliéster, (C) o *teflon* e (D) variados produtos farmacêuticos.

O desenvolvimento da Química Orgânica permitiu a descoberta de novos produtos que revolucionaram o nosso dia-a-dia.

2. Importância e objecto de estudo da Química Orgânica

A Química Orgânica constitui um dos ramos mais importantes da Química. O seu desenvolvimento está directamente ligado à sua inestimável utilidade.

Actualmente, são conhecidos mais de 10 milhões de produtos orgânicos, dispondo a Humanidade de compostos orgânicos na forma de:

- **compostos orgânicos naturais**, cujas fontes principais são o carvão mineral, o petróleo, o gás natural (combustíveis fósseis) e os produtos provenientes da flora e fauna;



Fig. 11 – Os combustíveis fósseis são exemplos de compostos orgânicos naturais: (A) carvão mineral, (B) petróleo e (C) gás natural.

- compostos orgânicos sintéticos, produzidos de modo artificial pelas indústrias químicas, de entre os quais se destacam os combustíveis, os medicamentos, os plásticos, os elásticos, as fibras sintéticas diversas, os corantes, os insecticidas, os explosivos, tintas, etc.



Fig. 12 – Alguns exemplos de compostos orgânicos sintéticos: (A) gasolina, (B) insecticidas, (C) elásticos e (D) tintas.

Actividades

1. Indica a definição de Química Orgânica segundo Kekulé.
2. Qual é o objecto de estudo da Química Orgânica?
3. Os compostos orgânicos podem ser de origem natural ou de origem sintética. Dá dois exemplos de cada.

Concluindo, a Química Orgânica abrange quase todas as áreas de actividade humana, desde a agricultura, saúde, alimentação, vestuário, desporto, recreação, construção civil, energia, etc.

Assim, para além de factores de natureza económica, os compostos orgânicos são importantes porque foram os precursores da vida na Terra e constituem a base da existência dessa mesma vida e do nosso bem-estar neste planeta.

Os compostos de carbono, a sua estrutura, as respectivas reacções químicas e as suas aplicações constituem o objecto de estudo da Química Orgânica.

3. Distinção entre compostos orgânicos e inorgânicos

Como vimos anteriormente, os trabalhos de Kekulé e dos seus antecessores conduziram à classificação dos compostos em orgânicos e inorgânicos. Esta classificação derivou de ter sido constatado que os referidos compostos apresentavam propriedades marcadamente específicas, que permitiam agrupá-los.

Assim, tanto uns como outros podem ser caracterizados com base em certos critérios previamente estabelecidos. Na tabela que se segue encontra-se um sumário da sua classificação com base nesses critérios, podendo ver-se, claramente, que apresentam características bem distintas.

CRITÉRIO	CLASSIFICAÇÃO	
	Compostos orgânicos	Compostos inorgânicos
Composição	São substâncias moleculares com o carbono como elemento comum a todos os compostos orgânicos; possuem maioritariamente C e H, também podem conter adicionalmente O, N, S, P e halógenos.	São todos de composição bastante diversificada, isto é, não são necessariamente moleculares nem possuem necessariamente elementos comuns.
Ligação química	Apresentam normalmente ligações covalentes entre os átomos.	As ligações podem ser de todos os tipos.
Reactividade	São normalmente de baixa reactividade e necessitam de energias de activação mais elevadas.	São normalmente suficientemente reactivos e as energias de activação são baixas.
Combustibilidade	São quase todos combustíveis e ardem libertando dióxido de carbono e água.	Raramente são combustíveis.
Solubilidade	São maioritariamente solúveis em solventes orgânicos por serem, geralmente, compostos apolares. São, normalmente, insolúveis em água.	Maioritariamente são solúveis em água.
Condutibilidade eléctrica	Na sua maioria não conduzem a corrente eléctrica.	Maioritariamente são bons condutores da corrente eléctrica, quer em solução quer quando fundidos.
Pontos de fusão e de ebulição	Apresentam pontos de fusão e de ebulição relativamente baixos e decompõem-se a temperaturas elevadas carbonizando-se.	Apresentam pontos de fusão e de ebulição relativamente elevados.

Resumindo, podemos dizer que os compostos orgânicos apresentam as seguintes propriedades gerais:

- possuem todos carbono na sua constituição;
- geralmente não são solúveis em água, sendo solúveis em solventes apolares e orgânicos como o sulfureto de carbono, o benzeno, o éter e a acetona;
- formam um grande número de moléculas de diferentes tamanhos e estruturas;
- apresentam predominantemente ligações covalentes;
- as suas reacções químicas são geralmente lentas;
- são combustíveis;
- têm pontos de fusão e de ebulição relativamente baixos.

Actividades

1. Selecciona a opção que indica uma propriedade geral dos compostos orgânicos.
 - (A) São solúveis em água.
 - (B) Possuem pontos de fusão e de ebulição baixos.
 - (C) Raramente são combustíveis.
 - (D) São, no geral, bons condutores da corrente eléctrica.
2. Relativamente ao critério reactividade, distingue os compostos orgânicos dos inorgânicos.

4. Cadeias carbónicas – conceito e classificação

Os átomos de carbono possuem a capacidade de se ligarem entre si e com outros elementos, formando sistemas encadeados ou ramificados de diversas dimensões (curtas ou longas) e com as mais variadas estruturas.

Foi Butlerov que, trabalhando com várias substâncias orgânicas, propôs que o conceito de **estrutura química** deveria ser visto como a ordem e sequência das ligações dos átomos numa molécula e as suas influências mútuas.

Nessa perspectiva, formulou o seguinte:

- Nas moléculas, os átomos ligam-se entre si numa ordem sucessiva e de acordo com as suas valências.
- O átomo de carbono nos compostos orgânicos é tetravalente; isto é, apresenta sempre a valência 4.
- Os átomos de carbono podem ligar-se entre si e com outros átomos, formando cadeias estáveis. Podem formar ligações covalentes simples ou múltiplas (duplas e triplas). É deste facto que deriva a multiplicidade e variedade dos compostos orgânicos.
- As propriedades específicas dos compostos orgânicos são determinadas pelas propriedades do átomo de carbono.

Tendo em conta estes pressupostos podemos definir o conceito de **cadeia carbónica**:

Uma cadeia carbónica é uma sequência de átomos de carbono que se ligam entre si por ligações covalentes.

Existem outros elementos capazes de formar cadeias, como, por exemplo, o enxofre, o fósforo e o silício. Porém nenhum deles consegue formar cadeias tão diferenciadas e estáveis como o carbono. Esta capacidade única do carbono explica a razão por que este pode formar um número tão elevado de compostos orgânicos.

A existência de uma grande variedade de cadeias carbónicas obriga-nos a classificá-las segundo critérios diferentes. As tabelas que se seguem classificam as cadeias carbónicas quanto:

- à forma da cadeia carbónica;
- à forma da cadeia carbónica aberta;
- ao tipo de ligações entre os átomos de carbono;
- à natureza dos átomos da cadeia.

Actividades

1. Selecciona as opções correctas.

- (A) O átomo de carbono apresenta valência 2.
- (B) Os átomos de carbono apenas estabelecem ligações covalentes simples.
- (C) Os átomos de carbono estabelecem ligações covalentes simples e múltiplas (duplas e triplas).
- (D) Os átomos de hidrogénio apenas estabelecem ligações covalentes simples.

2. Define cadeia carbónica.

CRITÉRIO Forma da cadeia carbônica			
Designação	Abertas ou acíclicas	Fechadas ou cíclicas	Mistas
Caracterização	A cadeia apresenta extremidades.	A cadeia não apresenta extremidades. Forma-se um ciclo ou anel.	A cadeia apresenta as estruturas aberta e fechada simultaneamente.
Exemplo	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2 \end{array}$	

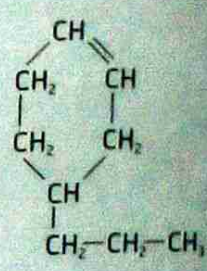
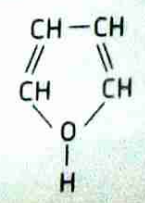
CRITÉRIO Forma da cadeia carbônica aberta		
Designação	Cadeia linear	Cadeia ramificada
Caracterização	Um átomo de carbono pode estar ligado apenas a outro átomo de carbono (extremidades da cadeia) ou a dois átomos de carbono.	A cadeia apresenta ramificações, existindo, para além das situações referidas na cadeia linear, átomos de carbono ligados a outros três ou quatro átomos de carbono.
Exemplo	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \quad \text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

CRITÉRIO Tipo de ligações entre os átomos de carbono		
Designação	Cadeia saturada	Cadeia insaturada
Caracterização	Só existem ligações covalentes simples entre os átomos de carbono.	Tem de apresentar pelo menos uma ligação covalente múltipla (dupla ou tripla) entre átomos de carbono.
Exemplo	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$

Os compostos de cadeia aberta (linear ou ramificada) ou de cadeia fechada envolvendo ligações covalentes carbono-carbono simples, duplas ou triplas são designados por **alifáticos**.

CRITÉRIO Natureza dos átomos da cadeia		
Designação	Cadeia homogênea	Cadeia heterogênea
Caracterização	Na cadeia só existem átomos de carbono.	Além dos átomos de carbono, a cadeia incorpora outros átomos designados de heteroátomos.
Exemplo	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

É importante prestares atenção ao facto de que as quatro classificações apresentadas nas tabelas anteriores são independentes, isto é, uma não exclui a outra. Os seguintes exemplos na tabela abaixo são elucidativos.

DESIGNAÇÃO	EXEMPLO
Composto orgânico de cadeia saturada, aberta, linear e homogénea.	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
Composto orgânico de cadeia insaturada, aberta, ramificada e homogénea.	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \end{array}$
Composto orgânico de cadeia saturada, aberta, ramificada e heterogénea.	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
Composto orgânico de cadeia insaturada, fechada, ramificada e homogénea.	
Composto orgânico de cadeia insaturada, fechada e heterogénea.	

Também se deve dar particular atenção a um tipo de cadeias cíclicas que ocorre com frequência nos compostos orgânicos, designadas por **compostos aromáticos**, cujas estruturas possuem pelo menos um anel de benzeno.

O **benzeno** é um composto orgânico de fórmula química C_6H_6 , cuja estrutura consiste num hexágono no qual os vértices são ocupados por seis átomos de carbono, estando a cada um deles ligado um átomo de hidrogénio. Nos derivados do benzeno, um ou mais átomos de hidrogénio são substituídos por outros elementos ou grupos de átomos.



Fig. 13 – Possíveis representações do benzeno, C_6H_6 .

As cadeias cíclicas dos compostos aromáticos podem ser **mononucleadas** ou **polinucleadas**.

- As cadeias cíclicas aromáticas **mononucleadas** contêm somente um único anel benzênico (de benzeno).
Por exemplo, o próprio benzeno é constituído por um único anel aromático. O fenol é outro exemplo deste tipo de cadeia.

- As cadeias cíclicas aromáticas **polinucleadas** são as que contêm mais do que um anel benzênico e podem ser subdivididas em isoladas ou condensadas:

- ✓ nas cadeias **polinucleadas isoladas** os anéis de benzeno não possuem átomos de carbono em comum (Fig. 15);
- ✓ nas cadeias **polinucleadas condensadas** os anéis de benzeno possuem átomos de carbono em comum (Fig. 16).

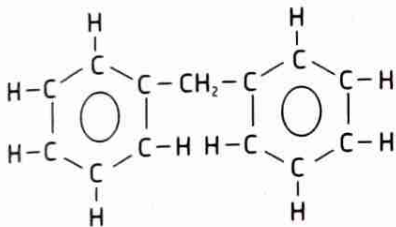


Fig. 15 – Exemplo de uma cadeia cíclica aromática polinucleada isolada.

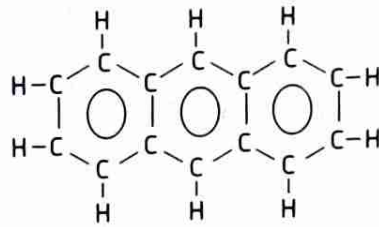


Fig. 16 – Exemplo de uma cadeia cíclica aromática polinucleada condensada.

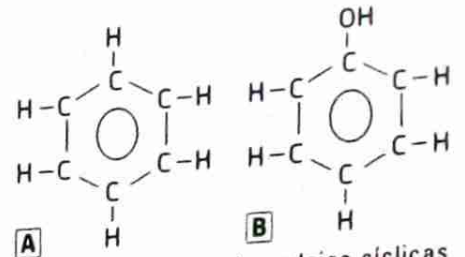


Fig. 14 – Exemplos de cadeias cíclicas aromáticas mononucleadas: (A) benzeno, C_6H_6 , e (B) fenol, C_6H_5OH .

De um modo geral, a classificação das cadeias carbônicas pode ser resumida tendo em conta o esquema que se segue.

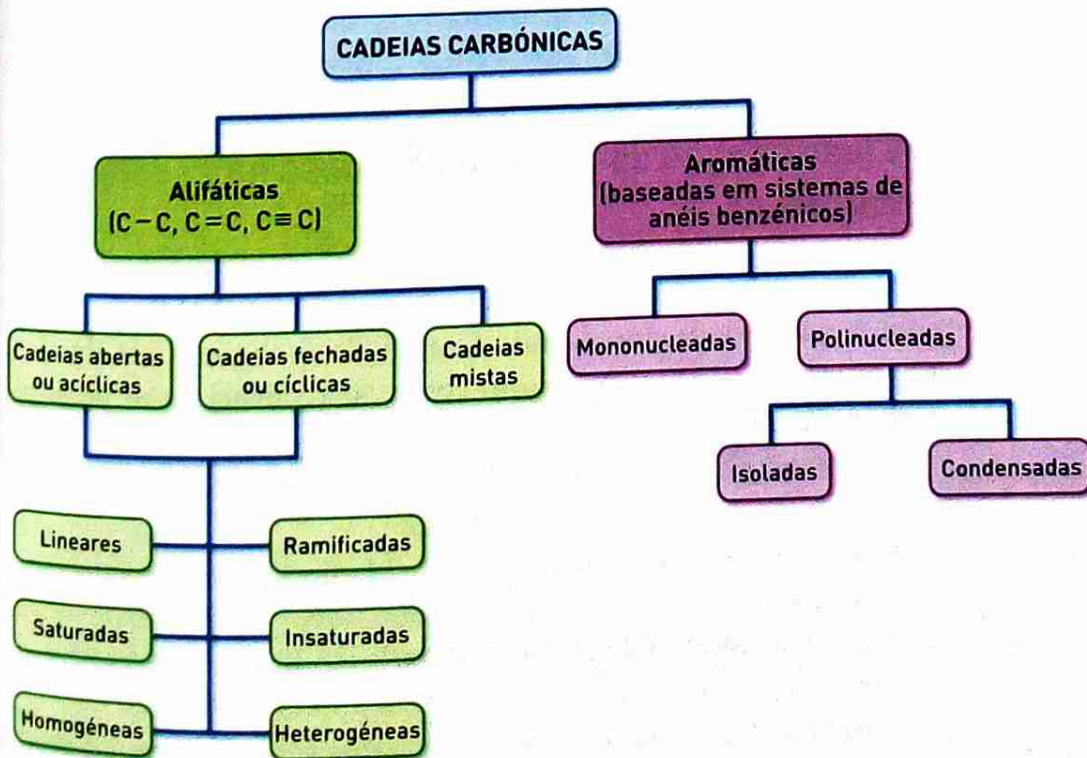


Fig. 17 – Esquema-resumo das classificações das cadeias carbônicas dos compostos orgânicos.

Actividades

1. Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.

Uma cadeia carbónica saturada é aquela...

- (A) ... cujos átomos de carbono das extremidades não se ligam entre si.
- (B) ... cujos átomos de carbono das extremidades se ligam entre si formando um ciclo ou um anel.
- (C) ... em que todos os átomos de carbono estão ligados entre si por ligações covalentes simples.
- (D) ... em que existe pelo menos uma ligação covalente múltipla entre átomos de carbono.

2. Define composto orgânico aromático.

Relativamente à cadeia carbónica de um composto orgânico:

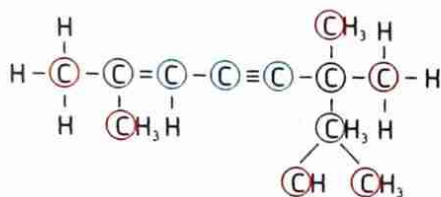
- As **cadeias abertas** ou **acíclicas** são aquelas nas quais os átomos de carbono das extremidades não se ligam entre si.
- As **cadeias fechadas** ou **cíclicas** são aquelas nas quais os átomos de carbono das extremidades se ligam entre si formando um ciclo ou anel.
- As **cadeias lineares** são aquelas nas quais um átomo de carbono pode estar ligado apenas a outro átomo de carbono (extremidades da cadeia) ou a dois átomos de carbono.
- As **cadeias ramificadas** são aquelas que apresentam ramificações existindo, para além das situações referidas na cadeia linear, átomos de carbono ligados a outros três ou quatro átomos de carbono.
- As **cadeias saturadas** são aquelas em que todos os átomos de carbono estão ligados entre si por ligações covalentes simples.
- As **cadeias insaturadas** são aquelas em que existe pelo menos uma ligação covalente múltipla (dupla ou tripla) entre átomos de carbono.
- As **cadeias homogéneas** são aquelas que contêm átomos de carbono na cadeia.
- As **cadeias heterogéneas** são aquelas que, além de átomos de carbono, incorporam outros átomos diferentes - heteroátomos - na cadeia.
- As **cadeias aromáticas** são aquelas que apresentam pelo menos um anel de benzeno.
- As **cadeias aromáticas mononucleadas** são as que apresentam apenas um anel de benzeno.
- As **cadeias aromáticas polinucleadas** são as que apresentam dois ou mais anéis de benzeno. As **polinucleadas isoladas** são as que apresentam anéis de benzeno sem átomos de carbono em comum e as **polinucleadas condensadas** são as que apresentam anéis de benzeno com átomos de carbono em comum.

5. Classificação do carbono com base na cadeia carbónica

Cada carbono de uma cadeia carbónica é classificado de acordo com a quantidade dos demais átomos de carbono a ele ligados. Assim, no máximo, e de acordo com a sua valência, são possíveis quatro classificações do carbono, nomeadamente:

- **carbono primário** - átomo de carbono ligado directamente apenas a um outro átomo de carbono;
- **carbono secundário** - átomo de carbono ligado directamente a outros dois átomos de carbono;
- **carbono terciário** - átomo de carbono ligado directamente a outros três átomos de carbono;
- **carbono quaternário** - átomo de carbono ligado directamente a outros quatro átomos de carbono.

A figura que se segue é elucidativa apresentando exemplos de cada uma das classificações do carbono com base na cadeia carbónica.



Carbono C = primário
 Carbono C = secundário
 Carbono C = terciário
 Carbono C = quaternário

Fig. 18 – Composto orgânico com a identificação dos diferentes tipos de carbono na cadeia carbónica: primário, secundário, terciário e quaternário.

6. Tipos de fórmulas químicas – molecular, racional e estrutural

Uma **fórmula química** é uma representação de um composto químico. Ela fornece-nos algumas informações – qualitativas e quantitativas – sobre a substância que representa.

Por exemplo, a fórmula química da água é H_2O . Neste caso, as letras (H e O) representam os elementos químicos cujos átomos se unem para formar a molécula da água. O número subscripto é chamado de **índice** e indica a quantidade de átomos do elemento presente em cada molécula. Assim, no exemplo da água, H_2O significa que cada molécula de água é constituída por dois átomos de hidrogénio e um átomo de oxigénio.

A fórmula química também nos diz algo sobre o tipo de ligação química que ocorre entre os átomos constituintes da substância e a família de substâncias a que pertence.

Existem vários tipos de fórmulas químicas e já conheces alguns. No caso da água, H_2O é chamada de **fórmula molecular**.

A **fórmula molecular** é uma representação ou expressão que indica o número de átomos de cada elemento numa molécula.

Além da fórmula molecular, as substâncias químicas podem ser representadas por fórmulas que mostram com mais detalhe a sequência e disposição dos átomos nas moléculas, o que permite diferenciar duas ou mais moléculas que, devido à sua fórmula molecular ser igual, não se distinguiriam. Tais fórmulas são designadas por **estruturais** e são muito usadas para representar os compostos orgânicos.

Actividades

1. Quantas classificações existem para o carbono com base na cadeia carbónica? Justifica a tua resposta.
2. Indica os nomes das classificações existentes para o carbono com base na cadeia carbónica e distingue-as.

A fórmula estrutural pode ser completa ou condensada (racional)

- A fórmula estrutural completa é uma representação que indica a forma como estão ligados os átomos na molécula. Ela apresenta todos os átomos do composto e as suas ligações, permitindo identificar claramente o composto químico.
- A fórmula estrutural condensada ou racional é uma representação mais simplificada da constituição e da composição dos elementos numa molécula. Ela não ocupa tanto espaço quanto a completa porque não apresenta todas as ligações químicas, apresentando somente as ligações entre os átomos da cadeia carbônica.

Os exemplos constantes na tabela abaixo são elucidativos.

NOME	FÓRMULA MOLECULAR	FÓRMULA RACIONAL	FÓRMULA ESTRUTURAL
Butano	C_4H_{10}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	<pre> H H H H H-C-C-C-C-H H H H H </pre>
Propanal	C_3H_6O	CH_3-CH_2-CHO	<pre> H H O H-C-C-C- \ H H H </pre>
Propanona ou acetona	C_3H_6O	$CH_3-CO-CH_3$	<pre> H O H H-C-C-C-H H H </pre>

Como se pode ver nos exemplos da tabela anterior, o propanal e a propanona não se diferenciam quando apresentados pelas respectivas fórmulas moleculares. No entanto, estes compostos são bem distintos quer pela fórmula estrutural condensada ou racional, quer pela fórmula estrutural completa.

Além das fórmulas anteriormente apresentadas, é muito comum encontrar em livros e manuais outro tipo de fórmula estrutural – a fórmula estrutural condensada linear. Este tipo de fórmulas apresenta linhas, nas quais os carbonos e os hidrogénios a eles ligados ficam subentendidos. Cada extremidade da linha é um carbono com os seus hidrogénios, se houver. Os heteroátomos são representados, assim como os grupos funcionais, quando necessário. Sobre os grupos funcionais trataremos mais adiante.

Actividades

1. Diz o que entendes por fórmula molecular e por fórmula estrutural.
2. Foram abordados nesta unidade três tipos de fórmulas estruturais. Indica-os e faz a distinção de cada um deles.

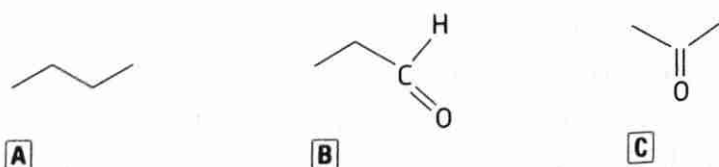


Fig. 19 – Exemplos de fórmulas estruturais condensadas lineares: (A) butano, C_4H_{10} , (B) propanal, C_3H_6O , e (C) propanona, C_3H_6O .

RESUMO

A distinção entre compostos orgânicos e inorgânicos foi proposta por **Bergman** nos finais do século XVIII. Nessa época acreditava-se que os compostos orgânicos só podiam ser produzidos pelos organismos vivos, tendo sido formulada por **Berzelius** uma teoria que sustentava essa crença – a **teoria da "força vital"**.

Com a **síntese da ureia em laboratório a partir do cianato de amónio** por **Wöhler** e a síntese de outras substâncias orgânicas a partir de substâncias inorgânicas por outros cientistas, a teoria da "força vital" foi refutada e abandonada.

A **Química Orgânica** é o ramo da química que estuda os compostos de carbono.

Os compostos de carbono, a sua estrutura, as reacções químicas respectivas e as suas aplicações constituem o **objecto de estudo da Química Orgânica**.

Os **compostos orgânicos** podem ser **naturais** ou **sintéticos** e apresentam as seguintes **propriedades gerais**:

- possuem todos carbono na sua constituição;
- geralmente não são solúveis em água, sendo solúveis em solventes apolares e orgânicos como o sulfureto de carbono, o benzeno, o éter e a acetona;
- formam um grande número de moléculas de diferentes tamanhos e estruturas;
- apresentam predominantemente ligações covalentes;
- as suas reacções químicas são geralmente lentas;
- são combustíveis;
- têm pontos de fusão e de ebulição relativamente baixos.

Uma **cadeia carbónica** é uma sequência de átomos de carbono ligados entre si.

As cadeias carbónicas podem ser classificadas segundo **critérios** estabelecidos, tais como quanto:

- à forma da cadeia carbónica – abertas, fechadas ou mistas;
- à forma da cadeia carbónica aberta – linear ou ramificada;
- ao tipo de ligações entre os átomos de carbono – saturada ou insaturada;
- à natureza dos átomos da cadeia – homogénea ou heterogénea.

Nos compostos orgânicos as **ligações** entre os átomos são **covalentes** e o átomo de carbono pode formar **ligações simples** ou **múltiplas** (duplas e triplas).

Os compostos de cadeia aberta (linear ou ramificada) ou de cadeia fechada envolvendo ligações covalentes carbono-carbono simples, duplas ou triplas são designados por **alifáticos**.

Existe outro tipo de cadeias cíclicas que ocorre com frequência nos compostos orgânicos, designado por **compostos aromáticos**, cujas estruturas possuem pelo menos um anel de benzeno.

As cadeias cíclicas dos compostos aromáticos podem ser **mononucleadas** ou **polinucleadas** (**isoladas** ou **condensadas**).

Numa cadeia carbónica existem carbonos diferentes, sendo designados, tendo em conta o número de outros átomos de carbono a que estão ligados, por:

- **carbono primário** – átomo de carbono ligado directamente apenas a um outro átomo de carbono;
- **carbono secundário** – átomo de carbono ligado directamente a outros dois átomos de carbono;
- **carbono terciário** – átomo de carbono ligado directamente a outros três átomos de carbono;
- **carbono quaternário** – átomo de carbono ligado directamente a outros quatro átomos de carbono.

Uma **fórmula química** é uma representação de um composto químico.

A **fórmula molecular** é uma representação ou expressão que indica o número de átomos de cada elemento numa molécula.

A **fórmula estrutural completa** é uma representação que indica a forma como estão ligados os átomos na molécula. Ela apresenta todos os átomos do composto e as suas ligações, permitindo identificar claramente o composto químico.

A **fórmula estrutural condensada ou racional** é uma representação mais simplificada da constituição e da composição dos elementos numa molécula. Ela não ocupa tanto espaço quanto a completa, porque não apresenta todas as ligações químicas, apresentando somente as ligações entre os átomos da cadeia carbónica.

A **fórmula estrutural condensada linear** apresenta linhas, nas quais os carbonos e os hidrogénios a eles ligados ficam subentendidos. Cada extremidade da linha é um carbono com os seus hidrogénios, se houver. Os heteroátomos são representados, assim como os grupos funcionais, quando necessário.

Actividades

- Faz uma pesquisa e, num resumo de dez linhas, apresenta a vida e obra de Friedrich Wöhler.
- Pesquisa que utilidades tem o teflon?
- Que propriedades diferenciam as substâncias orgânicas das inorgânicas?
- Seleciona os nomes dos cientistas que contribuíram para o desenvolvimento da Química Orgânica.
 - Kekulé
 - Wöhler
 - Ernst
 - Berzelius
 - Newton
- Das seguintes afirmações, assinala as verdadeiras com um V e as falsas com um F.
 - A Química Orgânica é o ramo da Química que estuda as substâncias contidas nos seres vivos.
 - A teoria da "força vital" defendia a ideia de que os compostos orgânicos só podiam ser sintetizados pelos seres vivos.
 - A Química Orgânica tem como base a teoria da "força vital".
 - A Química Orgânica é a química de todos os compostos de carbono.
- Que diferentes tipos de ligações químicas forma o carbono nos compostos orgânicos?
- Porque é que o carbono é tetravalente?
- Define as seguintes conceções.
 - Carbono carbónico
 - Fórmula molecular
 - Fórmula estrutural condensada
 - Fórmula estrutural completa
- Usando fórmulas estruturais, dá exemplos dos seguintes tipos de cadeias carbónicas.
 - Cadeia aberta, linear, saturada e homogénea
 - Cadeia fechada, saturada e heterogénea
 - Cadeia aberta, ramificada, saturada e homogénea
 - Cadeia aberta, ramificada, insaturada e heterogénea
- Considere as seguintes substâncias orgânicas e responde às questões que se seguem.

$$\text{C}_2\text{H}_6, \text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_2, \text{C}_2\text{H}_5\text{O}, \text{CH}_2=\text{CH}_2-\text{CH}_3, \text{C}_2\text{H}_5\text{O}, \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$$
 - Que tipos de fórmulas químicas foram usadas para as representar?
 - Das fórmulas apresentadas quais delas podem representar mais do que um composto? Apresenta-os e dá o seu nome.
 - Apresenta a fórmula estrutural completa para cada um dos compostos referidos em b).
 - Faz a distinção entre as duas fórmulas químicas usadas nas substâncias orgânicas apresentadas.
- A fórmula molecular de um certo composto orgânico de cadeia aberta, ramificada, saturada e homogénea, contém seis carbonos primários, um carbono secundário, dois carbonos terciários e um carbono quaternário. C_6H_{14} . Apresenta:
 - a possível fórmula estrutural completa do composto;
 - a fórmula condensada correspondente.

Agora vou experimentar

► EXPERIÊNCIA 1

IDENTIFICAÇÃO DO CARBONO E HIDROGÉNIO NOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

MATERIAIS:

- Espátula
- Pinça de madeira
- Conta-gotas
- Colher de combustão
- Proveta
- Vidro de relógio
- Tubo de ensaio
- Fósforos

REAGENTES:

- Vela
- Petróleo de iluminação
- Açúcar
- Benzina
- Etanol
- Solução de hidróxido de cálcio

1A) Identificação do carbono e do hidrogénio no açúcar

PROCEDIMENTO:

1. Colocar num tubo de ensaio uma espátula de açúcar. Segurá-lo com uma pinça de madeira e aquecê-lo, cuidadosamente, até mudar para a cor castanha e depois se tornar negro.
2. Observar atentamente a substância negra formada no fundo do tubo de ensaio e a formação de gotas de água nas paredes internas deste.

1B) Identificação do carbono na vela

PROCEDIMENTO:

1. Acender uma vela e, cuidadosamente, colocar o vidro de relógio sobre a chama desta.
2. Observar atentamente.
3. Registar as observações e tirar as devidas conclusões.

1C) Identificação do carbono e do hidrogénio no etanol, no petróleo e na benzina

PROCEDIMENTO:

1. Colocar, dentro de uma proveta, um pouco de etanol numa colher de combustão. Com um fósforo iniciar a sua combustão e deixar arder até à combustão total do etanol.
2. Retirar a colher de combustão e observar atentamente as paredes internas da proveta.
3. Seguidamente, com um conta-gotas, introduzir algumas gotas da solução de hidróxido de cálcio na proveta e observar.
4. Repetir o procedimento substituindo o etanol por petróleo e por benzina.
5. Registar todas as observações e tirar as devidas conclusões.

RESPONDE ÀS SEGUINTEs QUESTÕES:

1. Que substância se forma com a mudança de cor do açúcar de incolor (branco) para preto?
2. De onde provêm as gotas de água nas paredes do tubo de ensaio e da proveta nas experiências 1B e 1C?
3. O que acontece ao vidro de relógio em contacto com a chama da vela?
4. O que acontece com a solução de hidróxido de cálcio na proveta?
5. Como se identificam o carbono e o hidrogénio nestas experiências?

3

HIDROCARBONETOS

1. HIDROCARBONETOS – CONCEITO E CLASSIFICAÇÃO

2. ALCANOS

- 2.1. Fórmula geral e série homóloga
- 2.2. Nomenclatura dos alcanos
- 2.3. Isomeria nos alcanos
- 2.4. Obtenção dos alcanos
- 2.5. Propriedades físicas e químicas dos alcanos
- 2.6. O metano – ocorrência, obtenção, propriedades e aplicações
- 2.7. Aplicações dos alcanos
- 2.8. Os clorofluorocarbonetos (CFC) e o ambiente

3. ALCENOS

- 3.1. Fórmula geral, série homóloga e nomenclatura
- 3.2. Isomeria nos alcenos
- 3.3. Obtenção dos alcenos
- 3.4. Propriedades físicas e químicas dos alcenos
- 3.5. Eteno ou etileno – ocorrência, obtenção, propriedades e aplicações

4. ALCINOS

- 4.1. Fórmula geral, série homóloga e nomenclatura
- 4.2. Isomeria nos alcinos
- 4.3. Obtenção dos alcinos
- 4.4. Propriedades físicas e químicas dos alcinos
- 4.5. Etino ou acetileno – ocorrência, obtenção, propriedades e aplicações

5. FONTES NATURAIS DE HIDROCARBONETOS

- 5.1. Petróleo bruto
- 5.2. A parafina e suas aplicações – velas, ceras, graxas e vaselina
- 5.3. Gás natural

6. HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS

- 6.1. Propriedades gerais dos hidrocarbonetos aromáticos
- 6.2. O benzeno
- 6.3. Nomenclatura dos derivados do benzeno
- 6.4. Aplicações dos derivados do benzeno

7. COMPARAÇÃO DAS ESTRUTURAS E PROPRIEDADES DOS HIDROCARBONETOS

3

HIDROCARBONETOS

Vou aprender

- A definir e classificar os hidrocarbonetos
- A escrever as fórmulas gerais, as séries homólogas e as estruturas dos alcanos, alcenos e alcinos
- As regras básicas de nomenclatura IUPAC e usual dos hidrocarbonetos
- As propriedades físicas e químicas dos hidrocarbonetos
- A escrever as equações químicas das reacções que traduzem as propriedades químicas dos hidrocarbonetos
- Os tipos de isomeria típicos nos alcanos, alcenos e alcinos e sua representação
- Os métodos gerais de obtenção dos alcanos, alcenos e alcinos e sua representação pelas respectivas equações químicas das reacções
- As fontes naturais dos hidrocarbonetos (petróleo bruto e gás natural), sua ocorrência, tratamento e aplicações
- As aplicações dos hidrocarbonetos
- A descrever a estrutura (aromática) do benzeno

1. Hidrocarbonetos – conceito e classificação

► Conceito de hidrocarboneto

Como foi referido na unidade 2, os compostos orgânicos constituem um grande grupo de mais de dez milhões (10 000 000) de compostos e a cada dia que passa são descobertos ou sintetizados novos compostos orgânicos.

Os hidrocarbonetos, que fazem parte desta grande família, são compostos químicos constituídos apenas por átomos de carbono (C) e de hidrogénio (H), sendo os outros compostos orgânicos considerados produtos de substituição dos hidrocarbonetos.

Os hidrocarbonetos são compostos químicos constituídos apenas por átomos de carbono (C) e átomos de hidrogénio (H).

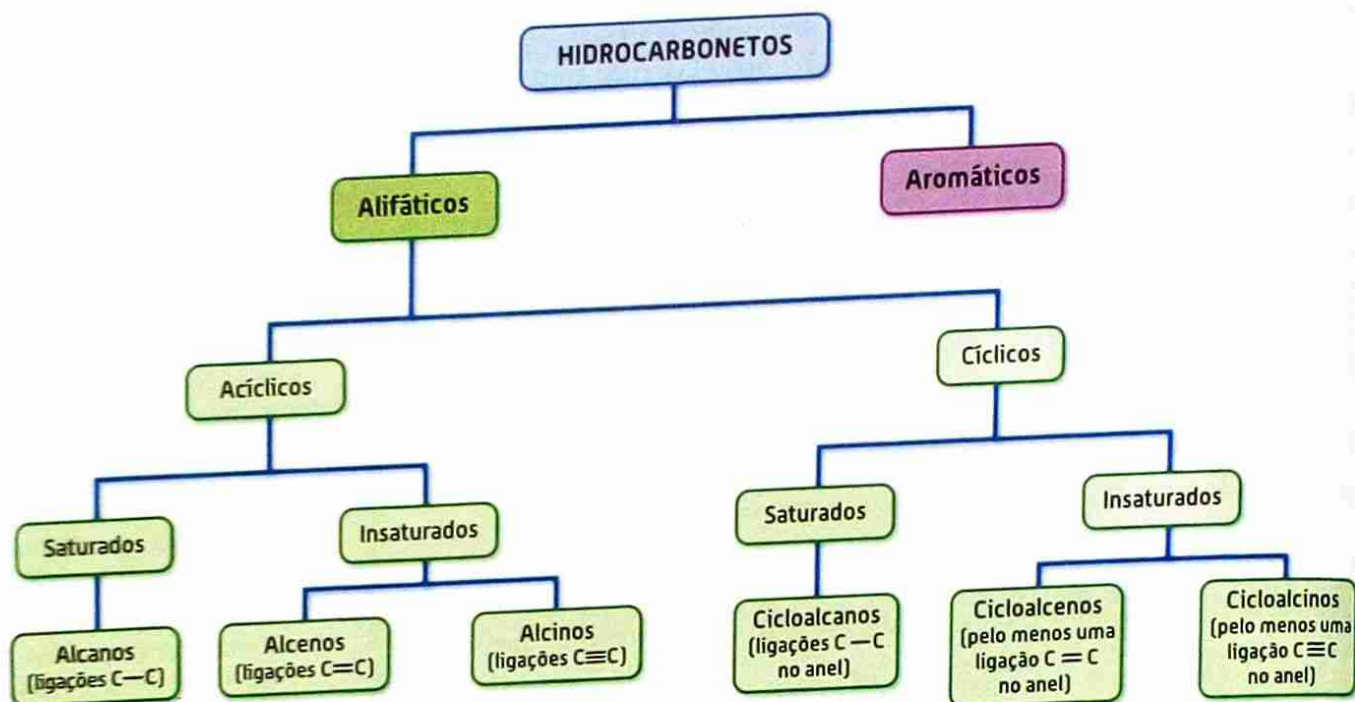
Existem hidrocarbonetos naturais, que se formam a grandes pressões no interior da Terra (a cerca 150 km de profundidade) e que são trazidos para zonas de menor pressão através de processos geológicos onde podem formar acumulações de petróleo e gás natural, para fins comerciais. Contudo, o ser humano também já é capaz de produzir hidrocarbonetos artificiais.



Fig. 1 – O petróleo e o gás natural são hidrocarbonetos naturais que podem ser extraídos na Natureza: (A) via terra (*onshore*) ou (B) via mar (*offshore*).

Os milhões de hidrocarbonetos que se conhecem diferem entre si nas propriedades físicas em consequência das diferentes composições moleculares que possuem. Porém, todos os hidrocarbonetos apresentam em comum a capacidade de se oxidarem facilmente libertando calor.

O esquema seguinte apresenta a classificação dos hidrocarbonetos em que cada caso, com a excepção dos hidrocarbonetos alifáticos cadeia fechada (cíclicos), irá ser estudado ao longo desta unidade.



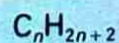
Os hidrocarbonetos dividem-se em dois grandes grupos: os alifáticos e os aromáticos.

2. Alcanos

2.1. Fórmula geral e série homóloga

Os alcanos são muito utilizados no nosso quotidiano como fonte de energia. São exemplos o gás de cozinha e a gasolina. Também designados por “parafinas”, nome que deriva do latim (*parum* = pouco + *affinis* = reactividade), os alcanos são pouco reactivos por possuírem somente ligações simples estáveis – são saturados – podendo ser lineares ou ramificados, como veremos mais adiante.

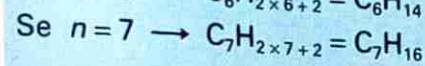
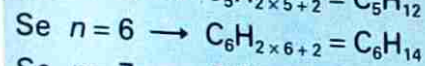
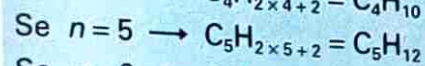
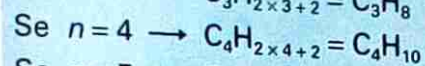
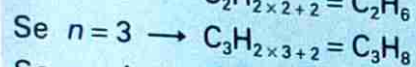
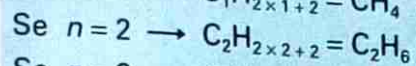
Os alcanos formam uma série homóloga cuja fórmula geral é:



onde o metano, CH_4 ($n = 1$), é o primeiro membro da série.

Na fórmula geral, n é um número natural ($n = 1, 2, 3, \dots$) que representa o número de átomos de carbono presente na molécula. A par

da fórmula geral dos alcanos e de n é possível determinar a quantidade de átomos de hidrogénio no alcano. Deste modo podemos observar que:



...

Continuando a substituir o n , obtém-se uma sequência de compostos que diferem entre si em um átomo de carbono e dois átomos de hidrogénio ($-\text{CH}_2-$). A essa sequência de compostos chamamos série homóloga dos alcanos.

Uma série homóloga é um conjunto de compostos com propriedades químicas semelhantes, cujas moléculas diferem entre si por uma massa molecular relativa constante.

2.2. Nomenclatura dos alcanos

► Nomenclatura da IUPAC

Para que internacionalmente os químicos pudessem usar a mesma nomenclatura quando se referem a compostos químicos foi criada, em 1919, em Genebra, a IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), uma organização não governamental internacional dedicada ao avanço da Química.

Esta tem como membros as sociedades nacionais de Química e é a autoridade reconhecida no desenvolvimento de padrões para a denominação dos compostos químicos.

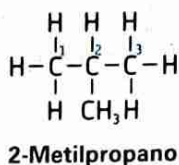
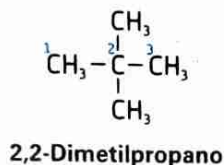
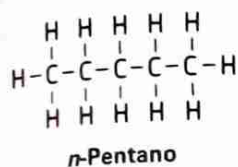
Alcanos lineares

Segundo as regras da IUPAC, para compostos com 1 a 4 átomos de carbono são usados os prefixos **met-**, **et-**, **prop-**, **but-** aos quais é acrescentada a terminação **-ano** indicativa da saturação dos alcanos.

Para compostos com 5 átomos de carbono em diante usam-se os prefixos numéricos gregos **pent-**, **hex-**, **hept-**, **oct-**, **non-**, **dec-**, ..., **pentadec-**, ... e a terminação **-ano** característica dos alcanos.

- Os substituintes são citados no início do nome do composto por ordem alfabética, podendo levar os prefixos di-, tri-, ... quando se tratam de substituintes iguais (estes prefixos não entram para a ordem alfabética).

Exemplos

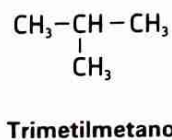
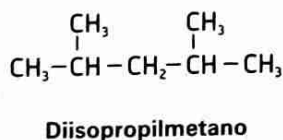
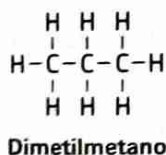


► Nomenclatura usual

Segundo a nomenclatura usual, o alcano em questão é considerado derivado do metano, pela substituição parcial ou total dos átomos de hidrogénio por grupos alquilo. Assim, nomeiam-se os grupos alquilo seguidos da palavra metano.

Se existirem dois ou mais grupos alquilo iguais, devem usar-se os prefixos **di-**, **tri-**, **tetra-**, ..., para indicar o número de radicais iguais. Quando os radicais são diferentes, a nomeação obedece à ordem alfabética ou de complexidade crescente.

Exemplos



Para mais informação sobre este assunto consulte o seguinte *site* da Internet: http://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_alcanos_de_cadeia_linear

2.3. Isomeria nos alcanos

A palavra isomeria provém do grego (*iso* = igual; *meros* = partes) e significa “partes iguais”.

Os compostos que apresentam fórmulas moleculares iguais, mas possuem estruturas diferentes, denominam-se **isómeros**. Apresentam propriedades químicas e físicas distintas e podem ser distinguidos pelas suas fórmulas estruturais.

Os alcanos apresentam dois tipos de isomeria: **isomeria estrutural** e **isomeria espacial** (geométrica).

Iremos abordar somente a **isomeria estrutural**, que no caso dos alcanos se designa por **isomeria de cadeia**. Neste tipo de isomeria os

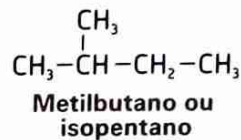
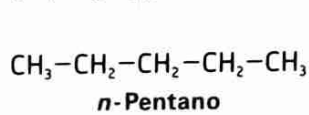
compostos possuem a mesma fórmula molecular, mas diferem no tipo de cadeia que formam. Este tipo de isomeria é comum nos alcanos com mais de três átomos de carbono. Compostos que derivam deste tipo de isomeria são designados de isômeros de cadeia.

Isômeros são compostos com a mesma fórmula molecular, mas com arranjos atômicos diferentes e conseqüentemente com propriedades diferentes.

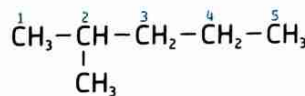
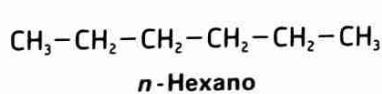
Como se pode ver nos exemplos que se seguem, os três compostos em (A) e os cinco compostos em (B) apresentam, respectivamente, a mesma fórmula molecular mas as cadeias são bem distintas.

Exemplos

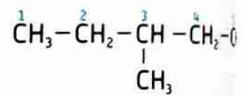
(A) C₅H₁₂



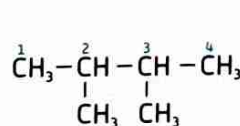
(B) C₆H₁₄



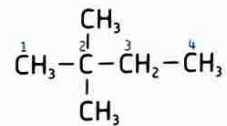
2-Metilpentano



3-Metilpentano



2,3-Dimetilbutano



2,2-Dimetilbutano

FÓRMULA MOLECULAR DO ALCANO	NÚMERO DE ISÔMEROS POSSÍVEIS
C ₄ H ₁₀	2
C ₅ H ₁₂	3
C ₆ H ₁₄	5
C ₇ H ₁₆	9
C ₈ H ₁₈	18
C ₉ H ₂₀	35
C ₁₀ H ₂₂	75
C ₁₅ H ₃₂	4347
C ₂₀ H ₄₂	336 319
C ₃₀ H ₆₂	4 111 846 763
C ₄₀ H ₈₂	62 491 178 805 831

Isômeros de cadeia são compostos com a mesma fórmula molecular, mas que apresentam cadeias diferentes.

Nos alcanos lineares o número de isômeros de cadeia cresce abruptamente com o aumento do número de átomos de carbono.

Na tabela ao lado são apresentados o número de isômeros de cadeia possíveis para alguns alcanos de C₄₀.

2.4. Obtenção dos alcanos

Os alcanos ocorrem na Natureza, geralmente, no gás natural, no petróleo e, também, em minas de carvão mineral, embora em menor quantidade.

Como a sua fonte principal é o petróleo e o gás natural, onde predominam moléculas que podem conter 1 a 30 átomos de carbono (C_1-C_{30}), estes compostos são normalmente obtidos a partir da destilação fraccionada das reservas de gás e petróleo.

Porém, para fins especiais, os alcanos também podem ser preparados em laboratório. De seguida são apresentadas algumas das principais reacções de preparação dos alcanos:

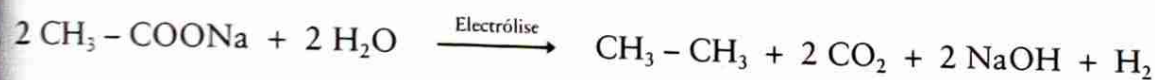
• Hidrogenação de alcenos e alcinos – Reacção de Sabatier-Senderens



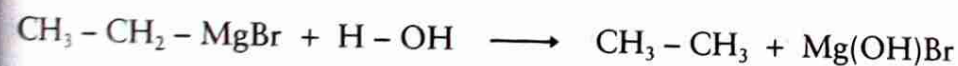
• Reacção de Wurtz



• Electrólise de soluções aquosas de sais de ácidos orgânicos – Síntese de Kolbe



• Hidrólise de compostos de Grignard



2.5. Propriedades físicas e químicas dos alcanos

► Propriedades físicas

As moléculas dos alcanos mantêm-se unidas devido à existência de forças intermoleculares que, por serem muito fracas e de raio de acção curto, actuam apenas entre as moléculas vizinhas que entram em contacto, ou seja, entre as superfícies das moléculas.

Assim, propriedades físicas, como o ponto de fusão (p.f.), o ponto de ebulição (p.e.) e a densidade, crescem à medida que aumenta o número de átomos de carbono nos alcanos.

À temperatura ambiente, os *n*-alcanos (alcanos lineares) com até 4 átomos de carbono apresentam-se no estado gasoso, os com 5 até 16 átomos de carbono encontram-se no estado líquido e com um número de átomos de carbono acima de 17 encontram-se no estado sólido.

Actividades

1. Indica os tipos de isomeria presentes nos alcanos.
2. Define isomeria de cadeia.
3. Quais são as principais reacções de preparação dos alcanos.

Os alcanos que são isómeros entre si apresentam diferenças nos seus pontos de fusão e de ebulição. Por exemplo, o *n*-butano tem p.e. de 0,8 °C, enquanto o isobutano tem p.e. de - 11,7 °C.

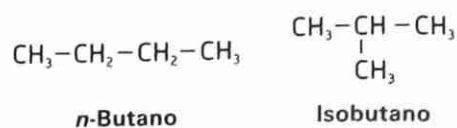


Fig. 5 – O *n*-butano e o isobutano são isómeros e apresentam propriedades diferentes.

Genericamente, para alcanos isómeros, aquele que tiver maior número de ramificações terá menor **ponto de ebulição**. Julga-se que, pela inserção de cadeias laterais, a molécula tende a aproximar-se da forma esférica; isso produz um decréscimo da área superficial relativa e leva, conseqüentemente, ao enfraquecimento das forças intermoleculares, as quais podem, assim, ser vencidas a temperaturas mais baixas.

Quanto à **solubilidade**, os alcanos, sendo moléculas apolares, dissolvem-se apenas em solventes apolares, como o benzeno, e em outros alcanos líquidos (gasolina, querosene, etc.).

A **densidade** dos alcanos aumenta inicialmente com o aumento da massa molecular, mas tende depois para um limite de cerca de 0,7, sendo todos, portanto, menos densos que a água.

Os alcanos variam as suas propriedades físicas consoante o aumento da cadeia carbónica.

A tabela que se segue apresenta algumas propriedades físicas de alguns alcanos.

FÓRMULA MOLECULAR DO ALCANO	NOME DO ALCANO	P.F. (°C)	P.E. (°C)	DENSIDADE (g/cm³)	ESTADO FÍSICO
CH ₄	Metano	- 183	- 162	0,54	Gasoso
C ₂ H ₆	Etano	- 172	- 89	0,55	Gasoso
C ₃ H ₈	Propano	- 187	- 42	0,58	Gasoso
C ₄ H ₁₀	<i>n</i> -Butano	- 135	1	0,60	Gasoso
C ₅ H ₁₂	<i>n</i> -Pentano	- 130	36	0,63	Líquido
C ₆ H ₁₄	<i>n</i> -Hexano	- 94	69	0,66	Líquido
C ₇ H ₁₆	<i>n</i> -Heptano	- 91	98	0,68	Líquido
C ₈ H ₁₈	<i>n</i> -Octano	- 57	126	0,70	Líquido
C ₉ H ₂₀	<i>n</i> -Nonano	- 54	151	0,72	Líquido
C ₁₀ H ₂₂	<i>n</i> -Decano	- 30	174	0,73	Líquido

► Propriedades químicas

Como vimos anteriormente, de um modo geral os alcanos são pouco reactivos. Isso decorre das ligações estáveis e do carácter apolar destes compostos. Sendo assim, os alcanos só reagem com reagentes energéticos e em condições favoráveis, isto é, a temperatura elevada e na presença de luz ultravioleta e de catalisadores.

As reacções típicas dos alcanos são reacções de substituição. Como excelentes combustíveis que são, também participam em reacções de combustão.

Reacções de substituição

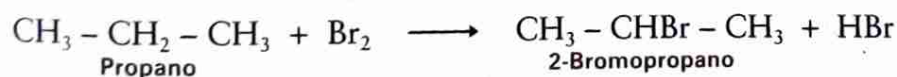
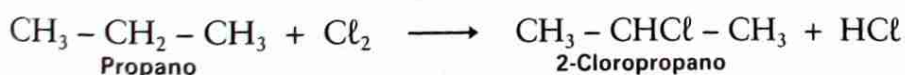
As reacções de substituição consistem na substituição de átomos de hidrogénio nos alcanos por outros radicais diferentes. A substituição nos alcanos obedece à regra de Markovnikov.

Regra de Markovnikov

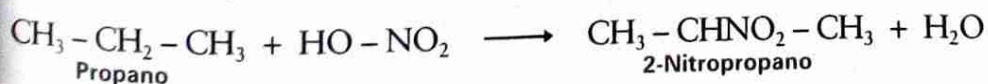
Nas reacções de substituição é substituído o hidrogénio do átomo de carbono menos hidrogenado na molécula do alcano.

As reacções de substituição mais importantes são a halogenação, a nitração e a sulfonação.

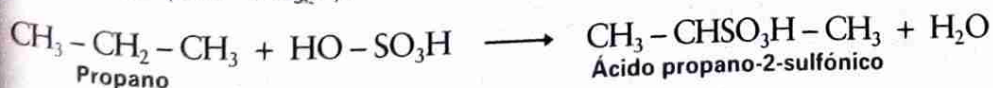
- **Halogenação** – baseia-se na substituição de um ou mais átomos de hidrogénio do alcano por átomos de halogéneo. Já que a reactividade na série dos halogéneos decresce ao longo do grupo e como a reacção com o flúor é violenta, ao ponto de destruir a substância orgânica, e a reacção com o iodo praticamente não ocorre, a halogenação dos alcanos baseia-se mais nas reacções com os radicais cloro (Cl) – cloração – e bromo (Br) – bromação:



- **Nitração** – baseia-se na reacção de substituição de um ou mais átomos de hidrogénio pelo grupo nitro (NO₂) do ácido nítrico (HO – NO₂):



- **Sulfonação** – baseia-se na reacção de substituição de um ou mais átomos de hidrogénio pelo grupo sulfónico (SO₃H) do ácido sulfúrico (HO – SO₃H):



Actividades

1. As reacções de substituição nos alcanos obedecem a uma regra. Qual é essa regra e em que consiste?
2. Quais são as reacções de substituição que ocorrem nos alcanos?

Reacções de combustão

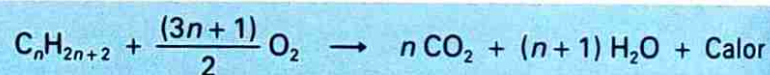
Os alcanos como são combustíveis sofrem reacções de combustão, seja, queimam com muita facilidade. Disso deriva o seu emprego como combustíveis para os automóveis e até mesmo para uso doméstico.



Fig. 6 – Os alcanos têm aplicações no nosso dia-a-dia como combustíveis usados, por exemplo (A) nos veículos motorizados e (B) nas cozinhas.

Uma reacção de combustão pode ser completa ou incompleta. A partir de uma combustão completa forma-se dióxido de carbono e água; se a combustão for incompleta forma-se monóxido de carbono (fuligem).

A reacção de combustão completa dos alcanos pode ser representada pela seguinte equação geral:



O produto mais importante da combustão é o calor (energia) que se liberta. Tal facto justifica a larga aplicação dos alcanos como combustíveis (gás, petróleo de iluminação, gasolina, *diesel*, etc.). O negro de fumo comum na combustão incompleta é muito importante para a produção de tintas e para a produção de borracha para pneus.

2.6. O metano – ocorrência, obtenção, propriedades e aplicações

O metano (CH₄) é o mais simples dos hidrocarbonetos. As suas moléculas apresentam uma geometria tetraédrica com o carbono no centro e os hidrogénios nos vértices do tetraedro.

É um gás incolor, sem cheiro, que apresenta pontos de fusão e ebulição baixos, é menos denso que a água e, como qualquer composto apolar, é pouco solúvel nela.

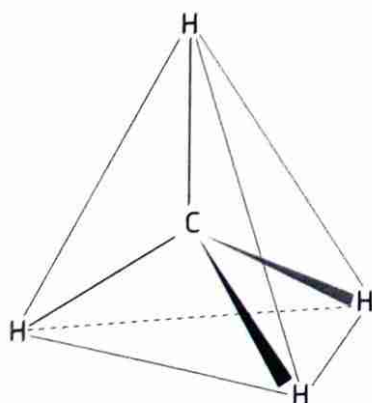


Fig. 7 – A molécula de metano possui uma geometria tetraédrica.

O metano é o hidrocarboneto mais simples e possui uma geometria tetraédrica com o carbono no centro e os hidrogénios nos vértices do tetraedro.

► Ocorrência do metano

Existem dois tipos de fontes de gás metano: as **naturais** e as **alternativas**. As maiores fontes naturais de metano são os depósitos geológicos conhecidos como campos de gás natural. Neles o metano encontra-se associado a outros hidrocarbonetos. Também ocorre em minas de petróleo e de carvão. A mistura do metano com o oxigênio do ar em minas de carvão tem originado explosões que fazem vítimas mortais. Por isso é conhecido por **gás das minas**. O metano também ocorre em pântanos sendo, nesses casos, conhecido por **gás dos pântanos**.



Fig. 8 - O metano ocorre na Natureza, por exemplo, em: (A) minas de carvão e (B) pântanos.

Pelas fontes alternativas, o metano é obtido via **biogás**, que se forma pela fermentação de matéria orgânica, incluindo o esterco, o material de esgoto, o lixo urbano ou outros materiais biodegradáveis, na ausência de oxigênio.

Cerca de 60% da emissão de metano no mundo é produto da ação humana, vindo principalmente da agricultura e pecuária.

O gado produz quantidades significantes de metano no processo de ruminção. As bactérias *archaea* que existem no estômago das vacas são metanogênicas, isto é, são responsáveis pela produção de metano. Em geral, a pecuária (principalmente, bois, galinhas e porcos) produz 37% de toda a emissão antropogênica de metano.

Industrialmente, o metano pode ser produzido e utilizado em processos químicos, como o processo de Sabatier, já descrito anteriormente. Recentemente foram feitas experiências científicas cujos resultados apontam para o facto de que todas as plantas produzem metano e que com o clima mais quente elas produzem ainda mais.

O metano também ocorre durante as erupções vulcânicas e em regiões com falhas geológicas.

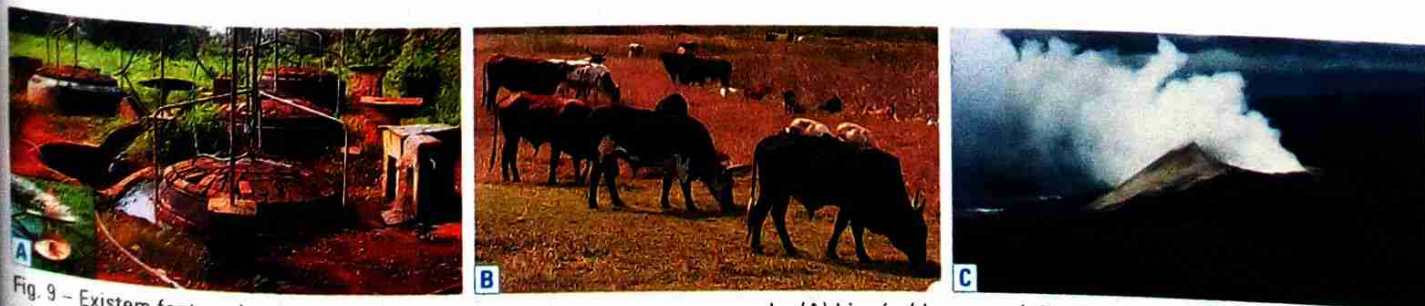


Fig. 9 - Existem fontes alternativas que produzem metano, como, por exemplo: (A) biogás (decomposição de matéria orgânica), (B) pecuária e (C) erupções vulcânicas.

► Obtenção do metano

Geralmente, o metano é extraído das jazidas de gás natural ou obtido a partir da destilação fraccionada do petróleo bruto. Também já se usa em diversas partes do mundo o processo via biogás.

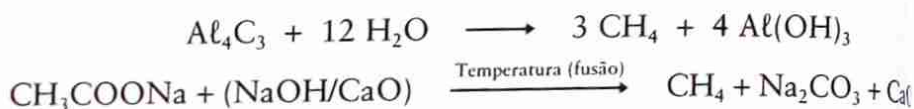
Uma outra forma de se obter metano é a partir do gás de síntese (gasogénio):



ou, ainda, a partir da síntese dos seus elementos constituintes a temperatura elevada e na presença de catalisadores:



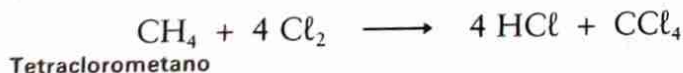
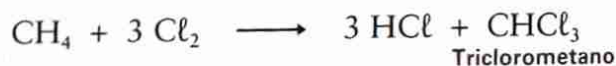
No laboratório, o metano é obtido pela reacção entre o carbono de alumínio e a água ou pela fusão de acetato de sódio com uma mistura de NaOH e CaO (cal sodada):



► Propriedades químicas

Tal como acontece com os restantes alcanos, o metano sofre reacções de substituição e de combustão.

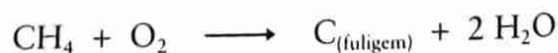
• Substituição por cloração (halogenação)



• Combustão completa



• Combustão incompleta



► Aplicações do metano

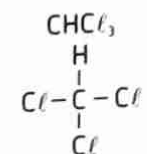
O metano tem grande utilização como combustível industrial e doméstico. É ainda usado como matéria-prima na produção industrial de diversas substâncias químicas, entre as quais se destaca o hidrogénio.

Por combustão incompleta deste gás, obtém-se o **negro de fumo** usado no fabrico de tintas pretas, graxas para sapatos e como aditivo na vulcanização da borracha.

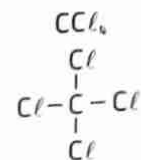
Actividades

1. Quais são os dois tipos de fontes do gás metano?
2. Indica os processos de obtenção do metano.
3. Menciona as principais aplicações do metano.

O processo de cloração do metano pode levar à produção de **clorofórmio** (triclorometano) e de **tetracloroeto de carbono** (tetraclorometano). O clorofórmio é um composto aplicado como anestésico em medicina e o tetracloroeto de carbono foi até há pouco tempo atrás usado como solvente na limpeza a seco, como agente refrigerante e como pesticida. Hoje, devido ao facto de se ter descoberto que este composto é altamente tóxico, a sua produção e comercialização foi proibida.



Clorofórmio



Tetracloroeto de carbono

2.7. Aplicações dos alcanos

As aplicações dos alcanos são determinadas de acordo com o número de átomos de carbono que possuem.

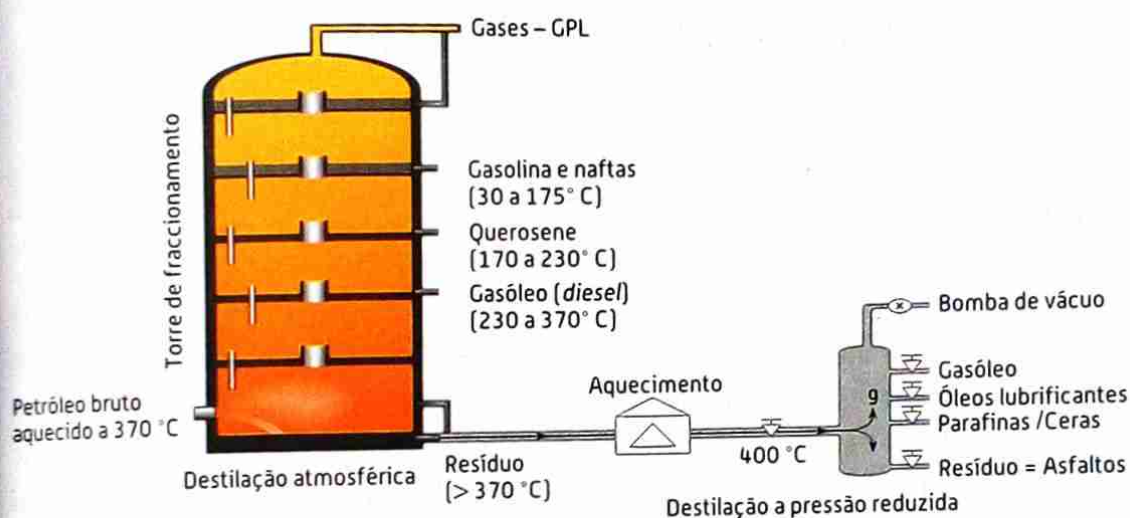


Fig. 10 - Esquema de uma refinaria de crude.

Os quatro primeiros alcanos são usados principalmente como gases de aquecimento e de cozinha e, em alguns países, para a produção de energia eléctrica. Os gases propano e butano podem ser liquefeitos a pressões moderadamente baixas e são conhecidos como **gases de petróleo liquefeitos (GPL)**. Por exemplo, o propano usa-se nas botijas de gás e o butano nos isqueiros. Estes dois alcanos são usados também como propelentes em pulverizadores.

Desde o pentano até ao octano, os alcanos são líquidos razoavelmente voláteis. Estes usam-se como combustíveis em motores de combustão interna, já que podem vaporizar-se rapidamente ao entrar na câmara de combustão sem formar gotas, que romperiam a uniformidade da combustão.

Os alcanos de cadeia ramificada são os mais preferidos, por serem menos susceptíveis à ignição prematura. A propensão à ignição prematura é medida pelo **índice de octano** do combustível, que é a fracção de **iso-octano** (2,2,4-trimetilpentano) que um combustível tem numa mistura de iso-octano (baixa auto-ignição) e *n*-heptano (elevada

auto-ignição). Quanto mais elevado for o índice de octano (valor máximo 100), mais resistente é o combustível à detonação. Assim, uma gasolina 98 (98% de iso-octano e 2% de *n*-heptano) apresenta uma maior resistência à detonação que uma gasolina 95 (95% de iso-octano e 5% de *n*-heptano).

Além do seu uso como combustíveis, os alcanos médios são bons solventes para as substâncias não polares.

Os alcanos desde o nonano até ao hexadecano (alcano com dezesseis átomos de carbono) são líquidos de alta viscosidade e formam a maior parte do *diesel* e os combustíveis dos aviões.



Fig. 11 - (A) Os alcanos C_1-C_4 são muito utilizados como gases de aquecimento e de cozinha; (B) os alcanos C_5-C_8 são utilizados como combustíveis em motores de combustão interna; (C) os alcanos C_9-C_{16} são usados para produzir *diesel*.

Os alcanos a partir do hexadecano em diante constituem os componentes mais importantes dos lubrificantes que também actuam como agentes anticorrosivos, já que a sua natureza hidrofóbica permite proteger a superfície do metal da água corrosiva. Muitos alcanos sólidos são usados como cera de parafina, por exemplo, para fazer velas. Os alcanos com uma cadeia de aproximadamente 35 ou mais átomos de carbono encontram-se no betume, que se usa, por exemplo, para asfaltar as estradas.

No entanto, os alcanos superiores têm pouco valor e costumam ser transformados em alcanos menores mediante processos de *cracking* (reação usada na indústria petrolífera que consiste na quebra de ligações em moléculas de alcanos de cadeia longa, de modo a obter hidrocarbonetos de cadeias mais pequenas, na presença de catalisadores).

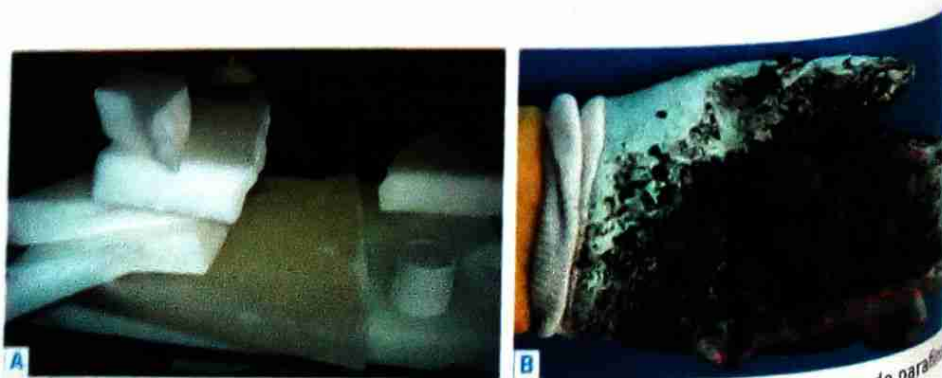


Fig. 12 - Os alcanos com cadeias superiores a C_{16} são usados para produzir: (A) cera de parafina; (B) betume.

Além dos alcanos fósseis obtidos nas reservas de gás ou petróleo, a indústria química pode produzir certos **polímeros sintéticos**, tais como o **polietileno** e o **polipropileno**, que são alcanos com cadeias constituídas por centenas de milhares de átomos de carbono.

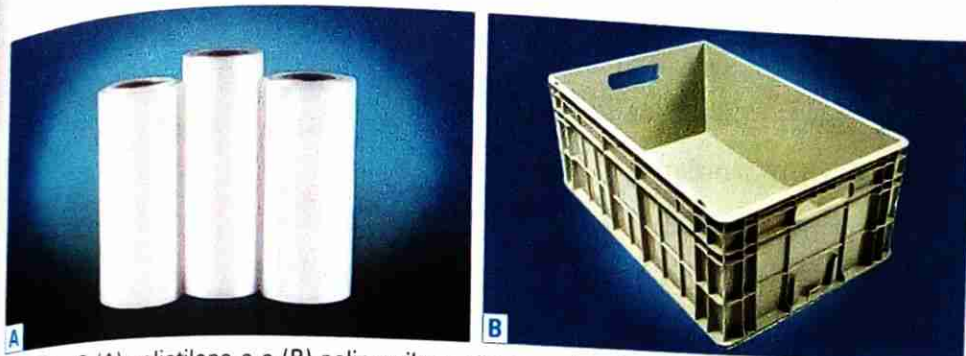


Fig. 13 - O (A) polietileno e o (B) polipropileno são exemplos de alcanos produzidos na indústria química.

2.8. Os clorofluorocarbonetos (CFC) e o ambiente

Tal como foi abordado na primeira unidade deste livro, o nosso ambiente tem vindo a sofrer grandes transformações causadas pelo aumento das concentrações de vários gases de origem antropogénica, como resultado de uma maior exploração agrícola, um maior consumo de energia e um aumento da poluição de origem industrial. Vimos ainda que de entre os diferentes gases tidos como gases de estufa constam o metano (CH_4) e os clorofluorocarbonetos (CFC). Na 8.ª classe, também foi abordada a importância da camada de ozono para a vida na Terra. Estes conhecimentos são agora necessários para podermos aprofundar um pouco mais os nossos conhecimentos sobre o ambiente.

Como deves saber, a camada de ozono encontra-se na estratosfera (aproximadamente a 28 km de altitude) e tem como função proteger a superfície terrestre das radiações ultravioleta nocivas emitidas pelos raios solares, absorvendo-as. Apesar de os raios ultravioleta (UV) serem de algum modo necessários, quando em quantidades excessivas são prejudiciais aos seres humanos. Por ser muito energética, a radiação ultravioleta pode reagir com as células dos tecidos dos seres vivos e, em última análise, provocar danos incalculáveis, como cancro da pele, entre outras infecções dermatológicas graves. É por isso que precisamos tanto da camada de ozono que reveste o nosso planeta. Infelizmente, ela tem sido sucessivamente destruída pela acção do ser humano, que na sua actividade diária provoca a libertação intensa de substâncias poluentes, entre as quais se destacam os CFC (clorofluorocarbonetos).

Os CFC, geralmente conhecidos pelo nome comercial de **fréons**, são substâncias gasosas cuja estrutura deriva do metano (CH_4) ou do etano

(C₂H₆) que contém, para além do(s) átomo(s) de carbono, átomos de flúor e cloro que substituíram os átomos de hidrogénio. Tais substâncias foram usadas como fluido de arrefecimento em aparelhos frigoríficos e aparelhos de ar condicionado, como propulsores de aerossóis em *sprays* de insecticidas, pesticidas e desodorizantes, entre outros.

São exemplos de CFC:

- diclorodifluorometano (CCl₂F₂);
- triclorofluorometano (CCl₃F);
- 1,1,1-tricloro-2,2,2-trifluoroetano (C₂Cl₃F₃);
- 1,1-dicloro-1,2,2,2-tetrafluoroetano (C₂Cl₂F₄);
- 1-cloro-1,1,2,2,2-pentafluoroetano (C₂ClF₅).

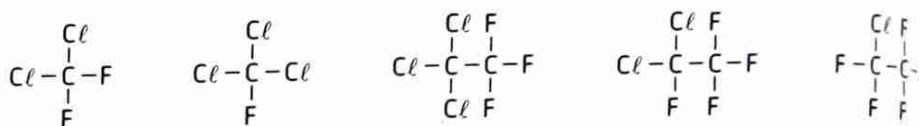
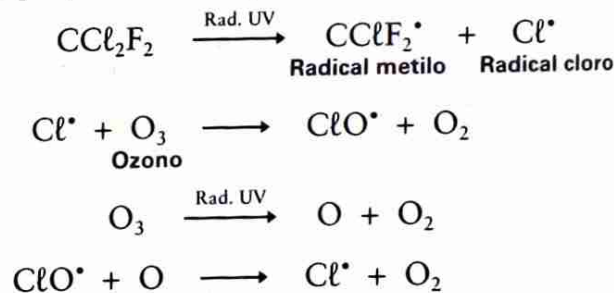


Fig. 14 – Fórmulas de estrutura de alguns exemplos de CFC.

A maioria dos CFC produzidos para uso industrial e comercial, apesar da sua propagação lenta na atmosfera, acabam por atingir a estratosfera. Nela, os CFC são decompostos pela radiação ultravioleta. Da sua decomposição resultam radicais cloro, extremamente reactivos, que acabam por destruir a camada de ozono, como ilustram as seguintes equações das reacções:



Na descomposição do ozono, o radical cloro (Cl[•]) reage com a molécula de ozono (O₃), quebrando a ligação entre os átomos de oxigénio e levando à formação do radical monóxido de cloro (ClO[•]) e de oxigénio (O₂).

O ClO[•] é um composto instável que reage com átomos de oxigénio (O), resultantes da fotodecomposição da molécula de ozono – reacção que, em circunstâncias normais, ocorre em reduzida extensão.

Da reacção do ClO[•] com o oxigénio atómico resulta mais uma molécula de oxigénio e o radical cloro fica livre para uma nova reacção de degradação do ozono.

Assim, estas reacções causam uma diminuição das moléculas de ozono na estratosfera, destruindo a camada de ozono que funciona como filtro das radiações ultravioleta prejudiciais.

Actividades

1. O que entendes por compostos CFC?
2. Escreve as equações químicas que representam a destruição de moléculas de ozono por radicais cloro provenientes dos CFC.

3. Alcenos

3.1. Fórmula geral, série homóloga e nomenclatura

Os alcenos, também conhecidos como alquenos ou olefinas, são hidrocarbonetos insaturados por apresentarem pelo menos uma ligação covalente dupla carbono-carbono na molécula. Os alcenos mais simples, que apresentam apenas uma ligação dupla, formam a série homóloga com a fórmula geral:



Na fórmula geral dos alcenos o n indica o número de átomos de carbono e o $2n$ indica o número de átomos de hidrogénio, sendo $n \geq 2$.

O alceno mais simples é o de fórmula molecular C_2H_4 , cujo nome comum é acetileno e o nome IUPAC é eteno ou etileno. Os alcenos, como hidrocarbonetos, são compostos constituídos exclusivamente por carbono e hidrogénio. Possuem cadeia carbónica acíclica e são insaturados, devido à ligação dupla neles existente.

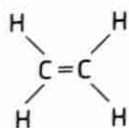


Fig. 15 – Fórmula de estrutura do alceno mais simples: eteno ou etileno.

Tal como nos alcanos, a partir da fórmula geral, pode formar-se a série homóloga dos alcenos.

A tabela que se segue mostra os primeiros membros da série homóloga dos alcenos.

N.º DE ÁTOMOS DE CARBONO	FÓRMULA MOLECULAR	FÓRMULA DE ESTRUTURA RACIONAL
2	C_2H_4	$CH_2 = CH_2$
3	C_3H_6	$CH_3 - CH = CH_2$
4	C_4H_8	$CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$
5	C_5H_{10}	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH = CH_2$

► Nomenclatura da IUPAC

Alcenos de cadeia linear

Para nomear os alcenos de cadeia linear, seguem-se as mesmas regras da nomenclatura dos alcanos, substituindo a terminação -ano por -eno:

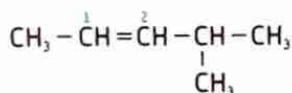
Prefixo + terminação -eno

► Nomenclatura usual

Os alcenos são considerados derivados do eteno (C_2H_4), também chamado etileno, dada a substituição (parcial ou total) dos seus átomos de hidrogénio por grupos alquilo.

Assim sendo, escrevem-se os nomes dos grupos alquilo seguidos pela palavra eteno ou etileno. À semelhança do que acontece na nomenclatura usual dos alcanos:

- Se existirem dois ou mais grupos alquilo iguais, devem usar-se os prefixos di-, tri-, tetra-, ... para indicar o número de grupos iguais.
- Quando os grupos alquilo são diferentes, a nomeação obedece à ordem alfabética ou de complexidade crescente.



1-Metil-2-isopropileteno ou 1-metil-2-isopropiletileno

3.2 Isomeria nos alcenos

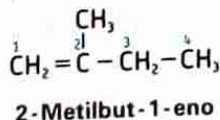
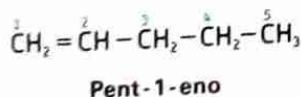
Os alcenos apresentam três tipos de isomeria:

- Isomeria de cadeia;
- Isomeria de posição;
- Isomeria geométrica (*cis-trans*).

► Isomeria de cadeia

Neste tipo de isomeria, tal como nos alcanos, os compostos apresentam a mesma fórmula molecular, mas cadeias diferentes.

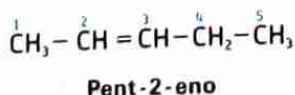
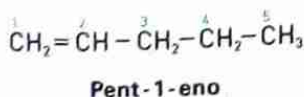
Exemplo: C_5H_{10}



► Isomeria de posição da ligação dupla

Os compostos isoméricos apresentam a mesma fórmula molecular mas diferem na posição da ligação dupla.

Exemplo: C_5H_{10}



Actividades

1. Distingue alcanos de alcenos.
2. Qual é a fórmula geral dos alcenos?
3. Indica o nome do alceno mais simples da respectiva série homóloga.

Actividades

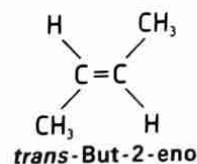
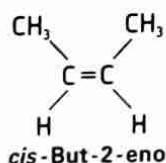
1. Quais os tipos de isomeria que ocorrem nos alcenos?
2. Define isomeria geométrica (*cis-trans*).

► Isomeria geométrica (*cis-trans*)

Os isómeros geométricos (ou *cis-trans*) são compostos com a mesma fórmula molecular e ligações químicas, mas com diferentes arranjos espaciais. Nos isómeros geométricos um átomo, ou um grupo de átomos, ocupa posições espaciais diferentes e os compostos não podem ser convertidos uns nos outros sem que haja quebra de uma ligação química.

A isomeria geométrica (*cis-trans*) ocorre quando os átomos de carbono envolvidos na ligação dupla estão ligados a dois substituintes diferentes. O isómero designa-se por *cis* quando os substituintes de maior massa se situam do mesmo lado da molécula e de *trans* quando os substituintes de maior massa não se situam do mesmo lado da molécula.

Exemplo: C_4H_8

**3.3. Obtenção dos alcenos**

Os alcenos raramente ocorrem na Natureza. O mais comum é o eteno ou etileno.

O eteno pode ser obtido através dos seguintes métodos:

- Craqueamento do petróleo

Industrialmente, o eteno é obtido pela quebra (*cracking*) de alcanos de cadeias longas e é o mais importante dos compostos orgânicos na indústria química. De todos os compostos orgânicos usados na indústria, o eteno ocupa a quinta posição, sendo ultrapassado, no caso de hidrocarbonetos, apenas pelo etino ou acetileno, e pode ser usado no fabrico de um grande número de polímeros (plásticos) que utilizamos no nosso dia-a-dia.

- Destilação seca da hulha

A hulha é aquecida a uma temperatura entre $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ na presença de uma corrente de ar. Obtém-se uma fracção gasosa que contém entre 3% e 5% de eteno.

- Desidrogenação do etano

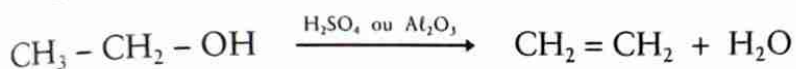
O etileno é preparado industrialmente através da desidrogenação do etano (remoção de hidrogénio). A desidrogenação ocorre a uma temperatura entre $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $750\text{ }^{\circ}\text{C}$, utilizando catalisadores como

óxido de crómio, de molibdénio, de vanádio ou de urânio suspensos em alumina.



• Desidratação do álcool etílico

Várias indústrias propõem o fabrico de plástico verde ou ecológico a partir do álcool etílico produzido a partir da cana-de-açúcar. O método é catalisado por ácido sulfúrico ou alumina. A baixa temperatura favorece a produção de éter etílico e a alta temperatura favorece a produção de eteno.



Outro alceno existente na Natureza é o octadeceno, estando presente no fígado de peixes. Já o octeno é um dos componentes da casca do limão.

3.4. Propriedades físicas e químicas dos alcenos

► Propriedades físicas

Os alcenos apresentam propriedades físicas semelhantes às dos alcanos. Em CNPT, os alcenos de cadeia linear de C_2 a C_4 são gasosos, de C_5 a C_{15} são líquidos e de C_{16} em diante são sólidos. Apresentam baixos pontos de fusão e de ebulição, que aumentam com o aumento da cadeia carbónica. A sua densidade, sempre inferior à da água, também aumenta com a massa molecular. São combustíveis, insolúveis em água (solvente polar) e solúveis em solventes orgânicos (solventes apolares).

► Propriedades químicas

Os alcenos reagem normalmente com a quebra da ligação dupla e a formação de ligações simples. Reacções desse tipo são chamadas reacções de adição. A reacção mais importante destes compostos é a polimerização (caso especial da adição), onde a ligação dupla dá origem a duas ligações com outras moléculas e assim por diante, formando grande parte dos plásticos usados no mundo, como o polietileno e a borracha sintética.

A reacção característica dos alcenos é a de adição. Contudo, também sofrem reacção de combustão.

• Reacções de adição

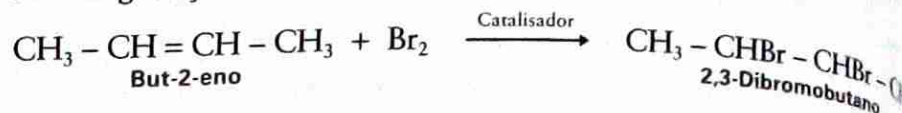
✓ Hidrogenação



Actividades

- Os alcenos podem ser obtidos por diferentes métodos. Indica quais os métodos de obtenção que conheces.
- Selecciona a opção que corresponde ao método de obtenção de alcenos por craqueamento do petróleo.
 - É a obtenção de alcenos a partir de álcool etílico.
 - Consiste no aquecimento de hulha a elevadas temperaturas.
 - É a eliminação de hidrogénio de um alceno.
 - Trata-se da quebra de ligações em alcanos de cadeias longas.

✓ Halogenação



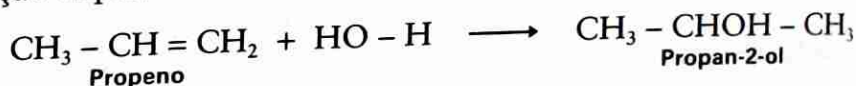
✓ Adição de haletos de hidrogénio

Na adição de haletos de hidrogénio aos dois carbonos da ligação dupla, deve obedecer-se à **regra de Markovnikov**. O hidrogénio liga-se ao carbono da ligação dupla mais hidrogenado e o halogénio ao carbono menos hidrogenado da ligação dupla.



✓ Hidratação

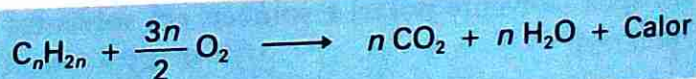
A hidratação é a reacção entre o alceno e a água formando um álcool. Esta reacção também obedece à regra de Markovnikov. Assim, o hidrogénio liga-se ao carbono mais hidrogenado da ligação dupla e o grupo OH liga-se ao carbono menos hidrogenado da ligação dupla.

**Actividades**

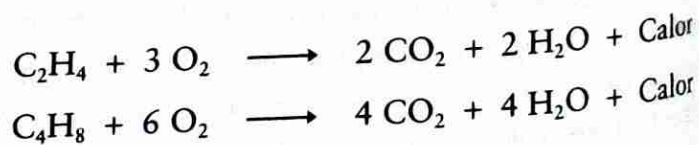
1. Em relação ao estado físico, indica como se comportam os alcenos.
2. Diz quais as reacções que ocorrem nos alcenos.
3. Escreve a equação geral da combustão dos alcenos.

• Reacções de combustão

A combustão é a reacção com o oxigénio. Os alcenos ardem na presença de oxigénio, formando dióxido de carbono e água, segundo a equação geral:



Exemplo:



3.5. Eteno ou etileno – ocorrência, obtenção, propriedades e aplicações

► Ocorrência

Contrariamente ao que acontece com os alcanos, os alcenos são menos frequentes na Natureza. O eteno encontra-se em pequenas quantidades nos gases do petróleo bruto e no gás natural. Também se encontra naturalmente através do metabolismo das plantas. A presença deste gás nas plantas permite a estas controlar a germinação das sementes, o desabrochar das flores e o amadurecimento dos frutos.

► Obtenção

Tal como já foi mencionado, a maior parte de eteno produzido industrialmente obtém-se por *cracking* ou pirólise de alcanos. Também se pode obter através da destilação seca da hulha, da desidrogenação do etano e da desidratação do etanol (álcool etílico) em presença do ácido sulfúrico ou da alumina.

► Propriedades físicas e químicas

O eteno é um gás incolor, inflamável, menos denso que o ar, insolúvel em água e muito solúvel em solventes orgânicos. O ponto de fusão é $-169,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o de ebulição é $-102,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Como representante dos alcenos, as reacções características do eteno correspondem, no geral, às dos alcenos. A polimerização é uma das reacções particularmente importantes para a química do eteno.

Formação de polímeros (reacção de polimerização)

O eteno é particularmente importante devido à sua aplicação na síntese de uma série de compostos macromoleculares designados de polímeros (*poli* = muitas, *meros* = unidades). Quer dizer, a partir de muitas moléculas pequenas (monómeros) forma-se uma única molécula grande (polímero). A reacção que leva à preparação dos polímeros designa-se por **polimerização**. Esta pode ser representada, de uma forma geral, do seguinte modo:



Exemplo:



O polietileno é um plástico transparente e resistente, muito usado no fabrico de sacos, garrafas, baldes, bacias, tubos de canalização, brinquedos, etc. (Fig. 16).

Os polímeros podem ser naturais ou artificiais.

São exemplos de **polímeros naturais** as proteínas como a seda, os hidratos de carbono como o amido e a celulose, etc. São exemplos de **polímeros artificiais** materiais como os plásticos, os elásticos, a borracha sintética, entre outros.



A



B



C



D

Fig. 16 – O polietileno tem inúmeras aplicações, como, por exemplo: (A) sacos de plástico, (B) baldes, (C) tubos de canalização e (D) brinquedos.



Fig. 17 – Exemplos de polímeros naturais: (A) seda e (B) hidratos de carbono.

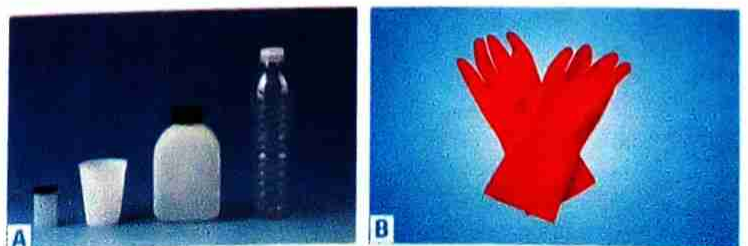


Fig. 18 – Exemplos de polímeros artificiais: (A) plásticos e (B) borracha.

A descoberta das reacções de polimerização e dos polímeros veio facilitar muito a nossa vida, passando os polímeros a fazer parte do nosso dia-a-dia. A roupa que vestimos, muitos utensílios domésticos, como copos, pratos e talheres, os brinquedos e até mesmo peças de mobiliário são artigos que mostram a diversidade de aplicações que os polímeros têm na nossa sociedade.

Hoje em dia, por exemplo, os tubos de canalização, que antes eram, geralmente, metálicos, estão a ser substituídos por materiais poliméricos, mais flexíveis e menos propensos à corrosão.

Polímeros são compostos macromoleculares que resultam da reacção de polimerização entre unidades pequenas e simples designadas por monómeros.

Polimerização é um tipo de reacção de adição na qual moléculas pequenas, designadas por monómeros, reagem entre si formando moléculas grandes, designadas por polímeros.

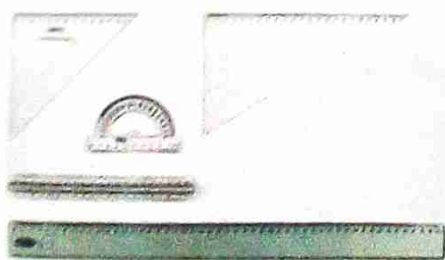
► Aplicações

O eteno é sem dúvida o mais importante dos alcenos. É utilizado na preparação de polietileno, que é um dos plásticos mais importantes na indústria química.

A partir do polietileno são produzidos vários objectos úteis como sacos plásticos e garrafas plásticas, brinquedos, etc. Ele é também usado no amadurecimento forçado de frutas verdes e como anestésico na medicina.

Uma outra aplicação do eteno é o facto de este constituir um dos reagentes, em conjunto com a água (reacção de hidratação), para a produção de etanol.

O eteno é o alceno mais importante para a indústria química, sendo utilizado na preparação de polietileno, que é um dos plásticos mais usados.



A



B



C

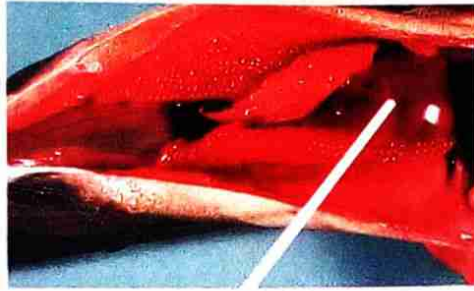


D

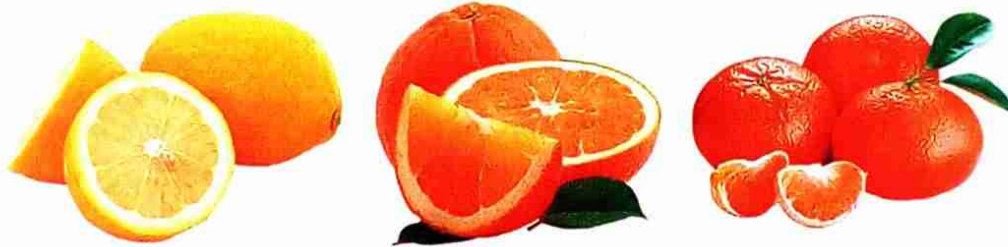
Fig. 19 – O eteno tem inúmeras aplicações, como, por exemplo: (A) materiais plásticos, (B) materiais de borracha, (C) amadurecimento de frutas e (D) produção de etanol.

Os alcenos raramente ocorrem na Natureza?

O mais comum é o eteno, contudo, existem outros alcenos que ocorrem na Natureza como o octadeceno, presente no fígado de peixes, e o octeno, que ocorre na casca dos citrinos como o limão, a laranja e a tangerina.



O octadeceno existe no fígado dos peixes.



O octeno está presente na casca dos citrinos como o limão, a laranja e a tangerina.

Entre as inúmeras características do eteno, pode-se citar a sua utilização como agente responsável pelo amadurecimento de frutas. Em alguns países era comum acenderem-se fogueiras junto às plantações de frutas, como as de manga e abacaxi, pois acreditava-se que a fumaça ajudava a iniciar e a sincronizar a floração dessas plantas.

Em 1934, em Inglaterra, foi comprovado experimentalmente que o gás eteno libertado pelas laranjas promovia o amadurecimento de bananas. Essa propriedade do eteno é usada no amadurecimento acelerado de frutas.

Normalmente, as frutas são colhidas ainda verdes, devido a problemas de transporte e armazenamento, e deixadas em grandes armazéns refrigerados. No momento de serem comercializadas, são colocadas num recinto fechado e tratadas com gás eteno durante um certo tempo, o que faz com que o amadurecimento ocorra mais rapidamente.

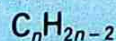


Mesmo na nossa vida doméstica pode-se usar essa propriedade do eteno: por exemplo, quando se quer que um cacho de bananas verdes amadureça rapidamente embrulham-se as frutas em papel de jornal ou colocam-se num recipiente fechado fazendo com que, dessa forma, se impeça que o eteno se disperse no ar e que os seus efeitos sejam mais intensos.

4. Alcinos

4.1. Fórmula geral, série homóloga e nomenclatura

Os alcinos ou **alquinos** são os hidrocarbonetos acíclicos que possuem, no mínimo, uma ligação tripla carbono-carbono, sem que a sequência de carbonos forme um ciclo. Em consequência disso a sua fórmula geral é:



sendo n maior ou igual a dois ($n \geq 2$). São tradicionalmente conhecidos como **acetilenos**, embora o nome **acetileno** seja usado para designar o membro mais simples da série homóloga – o **etino**.

Tal como os alcenos, os **alcinos** também são **insaturados** e, por isso, sofrem facilmente reacções de adição e os métodos para prepará-los (uma parte pelo menos) envolvem reacções de eliminação (que produzem insaturações).

Os alcinos praticamente não são encontrados na Natureza. O **etino** ou **acetileno**, C_2H_2 , o mais simples dos alcinos, é uma matéria-prima essencial na síntese de muitos compostos orgânicos importantes, como o ácido acético, os plásticos e mesmo as borrachas sintéticas. Trata-se de um gás de grande utilidade como combustível para a soldadura e como matéria-prima para a indústria química.

Na tabela que se segue estão representados os primeiros seis membros da série homóloga dos alcinos.

N.º DE ÁTOMOS DE CARBONO	FÓRMULA MOLECULAR	FÓRMULA DE ESTRUTURA RACIONAL
2	C_2H_2	$HC \equiv CH$
3	C_3H_4	$CH_3 - C \equiv CH$
4	C_4H_6	$CH_3 - CH_2 - C \equiv CH$
5	C_5H_8	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - C \equiv CH$
6	C_6H_{10}	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - C \equiv CH$

Actividades

1. Distingue alcenos de alcinos.
2. Qual é a fórmula geral dos alcinos?
3. Indica o nome do alcino mais simples da respectiva série homóloga.

Os alcinos são hidrocarbonetos insaturados de cadeia aberta, que se caracterizam por terem uma ligação tripla carbono-carbono.

► Nomenclatura da IUPAC

Segundo a nomenclatura da IUPAC, a atribuição do nome aos alcinos obedece às mesmas regras usadas na atribuição de nomes aos alcenos substituindo o prefixo -eno típico dos alcenos pelo sufixo -ino que representa a insaturação por ligação tripla.

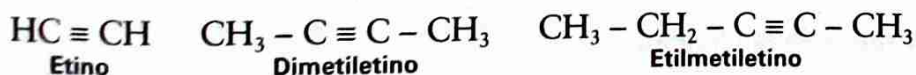
Prefixo (n.º átomos de carbono) + Sufixo (-ino) + Posição da ligação tripla

A nomenclatura dos alcinos com cadeia ramificada é também semelhante à dos alcenos, sendo a cadeia principal a mais longa que possui a ligação tripla e a numeração da cadeia principal inicia-se na extremidade mais próxima da ligação tripla. A tabela que se segue apresenta alguns exemplos.

FÓRMULA MOLECULAR	FÓRMULA DE ESTRUTURA RACIONAL	NOME
C_2H_2	$CH \equiv CH$	Etino
C_3H_4	$CH_3 - C \equiv CH$	Propino
C_4H_6	$\overset{4}{CH_3} - \overset{3}{CH_2} - \overset{2}{C} \equiv \overset{1}{CH}$	But-1-ino
C_4H_6	$\overset{1}{CH_3} - \overset{2}{C} \equiv \overset{3}{C} - \overset{4}{CH_3}$	But-2-ino
C_9H_{12}	$\overset{7}{CH_3} - \overset{6}{C} \equiv \overset{5}{C} - \overset{4}{\underset{\overset{CH_3}{ }}{CH}} - \overset{3}{\overset{CH_3}{ }}{CH} - \overset{2}{C} \equiv \overset{1}{CH}$	3,4-Dimetil-hept-1,5-diino
$C_{11}H_{20}$	$\overset{8}{CH_3} - \overset{7}{CH_2} - \overset{6}{\underset{\overset{CH_2-CH_3}{ }}{CH}} - \overset{5}{CH_2} - \overset{4}{C} \equiv \overset{3}{C} - \overset{2}{\underset{\overset{CH_3}{ }}{CH}} - \overset{1}{CH_3}$	6-Etil-2-metiloct-3-ino

► Nomenclatura usual

Os alcinos são considerados derivados do etino (C_2H_2), também chamado acetileno, pela substituição parcial ou total dos átomos de hidrogénio por grupos alquilo. Assim, escrevem-se os nomes dos radicais seguidos da palavra etino como se pode ver nos exemplos seguintes.

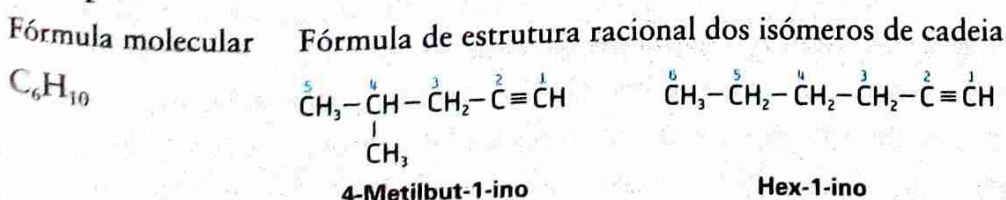


4.2. Isomeria nos alcinos

Os alcinos apresentam dois tipos de isomeria: isomeria de cadeia e isomeria de posição da ligação tripla.

► Isomeria de cadeia

Exemplo:

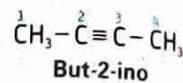
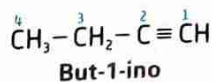


► Isomeria de posição da ligação tripla

Exemplo:

Fórmula molecular

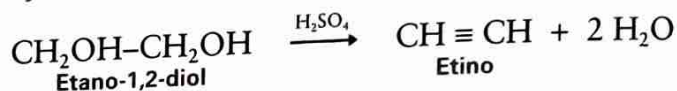
Fórmula de estrutura racional dos isómeros de posição da ligação tripla



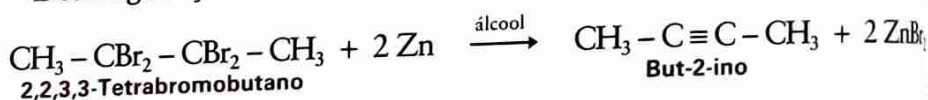
4.3. Obtenção dos alcinos

Os alcinos, tal como os alcenos, obtêm-se principalmente através de reacções de eliminação. Nas reacções de eliminação, além do alcino, formam-se outras moléculas simples como produtos secundários. Neste contexto vamos abordar as seguintes reacções de eliminação: a desidratação de álcoois, a desalogenação de haloalcanos e a desidrogenação catalítica de alcanos.

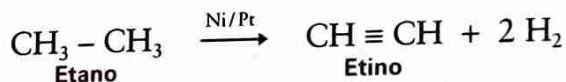
- Desidratação de álcoois (eliminação de água)



- Desalogenação de haloalcanos (eliminação de halogéneos)



- Desidrogenação catalítica de alcanos (eliminação de hidrogénio)



Actividades

1. Quais os tipos de isomeria que ocorrem nos alcinos?
2. Indica quais as principais reacções de obtenção dos alcinos.
3. Selecciona a opção que indica o tipo de reacção mais comum para a obtenção de alcinos.
 - (A) Eliminação
 - (B) Adição
 - (C) Combustão
 - (D) Hidrólise

4.4 Propriedades físicas e químicas dos alcinos

► Propriedades físicas

Tal como nos alcanos e nos alcenos, os alcinos apresentam pontos de fusão e de ebulição crescentes com o aumento da cadeia carbónica (massa molecular). São todos compostos incolores, inodoros, insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos como o álcool, o éter, entre outros.

O etino ou acetileno, ao contrário dos outros alcinos, tem cheiro agradável e é parcialmente solúvel em água.

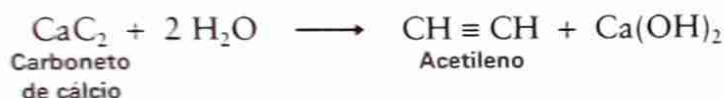
O etino (C_2H_2), o propino (C_3H_4) e o butino (C_4H_6) são gases nas CNPT; os membros seguintes da série até ao $C_{14}H_{26}$ são líquidos, e os superiores a C_{14} são sólidos. Os alcinos são preparados em laboratório porque não se encontram livres na Natureza.

Propriedades químicas

O carbono, quando em ligação tripla, comporta-se como se fosse um elemento mais electronegativo do que o carbono que participa apenas em ligações simples ou duplas. Assim, o hidrogénio ligado ao carbono da ligação tripla adquire um apreciável carácter ácido, ou seja, a presença ou não de hidrogénio no carbono da ligação tripla faz com que os alcinos tenham propriedades químicas diferentes.

Os alcinos que possuem o hidrogénio terminal são designados por alcinos verdadeiros e os que não o possuem são designados por alcinos falsos.

Os alcinos sofrem reacções de adição electrofílica típicas, assim como acontece nos alcenos. O alcino de maior importância industrial é precisamente o membro mais simples da família – o acetileno (etino), preparado pela acção da água sobre o carboneto de cálcio:



Os alcinos, tal como os alcenos, têm como reacção característica a reacção de adição. Por serem inflamáveis, sofrem também reacção de combustão.

A adição de átomos, ou grupos de átomos, nos alcinos envolve os carbonos da ligação tripla. As reacções realizam-se em duas fases. Na primeira fase, a ligação tripla transforma-se em ligação dupla; na segunda fase da adição, a ligação dupla transforma-se em ligação simples.

• Adição de halogéneos – halogenação



• Adição de hidrogénio – hidrogenação



• Reacção de combustão

A combustão pode ser completa ou incompleta.

Na combustão completa, os alcinos ardem completamente na presença do oxigénio do ar libertando CO_2 e H_2O .



Na combustão incompleta os alcinos ardem parcialmente na presença de pouco oxigénio do ar libertando CO e/ou C e H_2O .



Actividades

1. Selecciona a(s) opção(ões) que representa(m) a(s) reacção(ões) de adição que ocorre(m) nos alcinos.

- (A) Halogenação
- (B) Hidratação
- (C) Hidrogenação
- (D) Hidrólise

2. Para além de reacções de adição, indica outro tipo de reacção que ocorre nos alcinos.

4.5. Etino ou acetileno – ocorrência, obtenção, propriedades e aplicações

► Ocorrência

O etino ou acetileno é um composto bastante importante para a indústria, no entanto, quase não ocorre na Natureza. Assim, o etino é produzido a partir de matérias-primas que são abundantes na Natureza e de baixo custo, como, por exemplo, o calcário e a hulha.

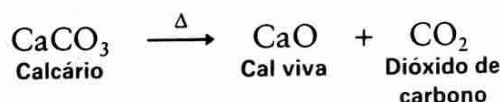
► Obtenção

O acetileno é o primeiro membro da série homóloga dos alcinos, sendo, por isso, o mais simples. Ele quase não ocorre na Natureza, embora possa ser obtido a partir de produtos naturais. Trata-se de um gás incolor, altamente inflamável, um pouco menos denso que o ar. É um gás muito usado em processos de maçarico, pois a sua chama produz temperaturas até 3000 °C, a maior temperatura por combustão alguma vez atingida. O acetileno tanto pode ser obtido industrialmente como no laboratório.

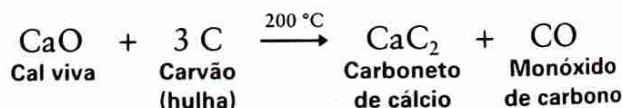
Obtenção industrial

As matérias-primas utilizadas no fabrico de acetileno na indústria são: o calcário (CaCO_3), o carvão mineral (hulha) e a água, de acordo com as seguintes equações químicas:

1.ª fase:



2.ª fase:



3.ª fase:



Obtenção laboratorial

Em laboratório o acetileno é obtido a partir da hidrólise de carboneto de cálcio, segundo a seguinte equação química:



Porém, atenção, pois o acetileno, quando em contacto com o oxigénio atmosférico, forma uma mistura explosiva (gás fulminante ou detonante). A explosão é mais violenta quando se misturam dois volumes de acetileno com cinco volumes de oxigénio, isto é, na proporção de dois para cinco (2:5).

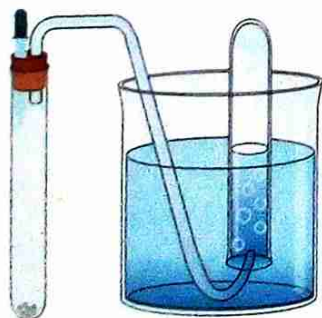


Fig. 20 – Esquema da montagem laboratorial para a obtenção de acetileno.

► Propriedades físicas e químicas

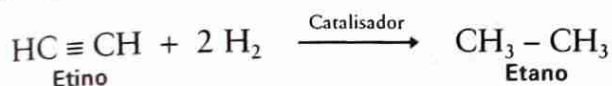
Propriedades físicas

O etino ou acetileno é um gás incolor com cheiro característico, menos denso do que o ar, pouco solúvel em água e muito solúvel em solventes orgânicos. Apresenta ponto de fusão $-82\text{ }^{\circ}\text{C}$ e ponto de ebulição $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$.

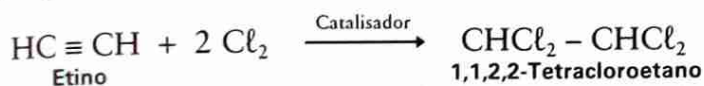
Propriedades químicas

O acetileno apresenta as mesmas reacções químicas que os alcinos em geral. As suas reacções características são as reacções de adição e combustão.

• Hidrogenação (adição de átomos de hidrogénio)



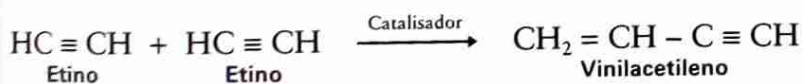
• Halogenação (adição de átomos de halogéneos)



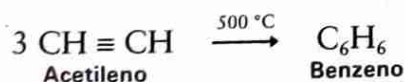
O acetileno também sofre reacção de polimerização, um caso específico de reacção de adição.

• Polimerização – dimerização e trimerização

A dimerização é uma reacção que consiste na adição de duas moléculas de acetileno na presença de catalisadores, formando um dímero.



A trimerização é uma reacção que consiste na adição de três moléculas de acetileno a altas temperaturas, formando um hidrocarboneto aromático chamado benzeno.



• Reacção de combustão

O acetileno arde na presença de oxigénio do ar formando dióxido de carbono e água, de acordo com a seguinte equação química:



► Aplicações

O etino ou acetileno é usado em grande escala no fabrico de borrachas sintéticas, plásticos, como o PVC (policloreto de vinilo) e o PVA (acetato de polivinilo), e ainda de fios têxteis para a produção de tecidos.

Actividades

1. Explica o processo de obtenção do etino industrialmente.
2. Indica as propriedades físicas do etino.
3. Qual é o nome comum do etino?
4. Indica as reacções que ocorrem no etino.

Também uma boa parte do acetileno é usada como combustível dentro de soldadores devido às altas temperaturas alcançadas. O acetileno é usado nos maçaricos oxiacetilénicos, no corte e na soldadura de metais que fundem a temperaturas elevadas (a chama arde a cerca de 3000 °C).

É ainda utilizado como matéria-prima para o fabrico de muitos compostos, como o etano, o eteno, o benzeno, o etanol e vários polímeros sintéticos.

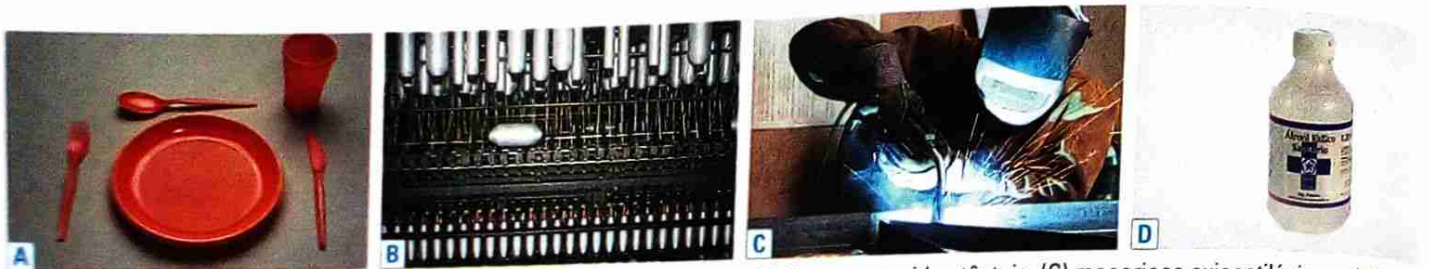


Fig. 21 – O etino tem inúmeras aplicações, como por exemplo: (A) plásticos, (B) fios para tecidos têxteis, (C) maçaricos oxiacetilénicos e (D) produção de etanol.

5. Fontes naturais de hidrocarbonetos

Como vimos anteriormente, as principais fontes naturais dos hidrocarbonetos saturados, como os alcanos, e insaturados, como os alcenos, são o gás natural e o petróleo bruto. Estes recursos naturais fósseis não são renováveis, razão pela qual devem ser utilizados racionalmente.

5.1. Petróleo bruto

5.1.1. Origem, ocorrência, propriedades físicas, composição química, extracção e refinação do petróleo

► Origem

O petróleo (do latim *petroleum*, *petrus* = pedra + *oleum* = óleo, do grego “óleo de rocha”) é uma mistura heterogénea de compostos orgânicos, principalmente hidrocarbonetos insolúveis em água. Também é conhecido como **petróleo crude** ou simplesmente **crude**.

A teoria mais aceite actualmente sobre as origens do petróleo é a orgânica. Segundo esta, o petróleo formou-se a partir da decomposição lenta de zooplâncton e algas na costra terrestre em condições anaeróbias (ausência de oxigénio), ao longo de milhões de anos. Assim, considera-se que o petróleo é de origem fóssil.

A transformação química sucessiva da matéria orgânica, devido à pressão e ao calor, produziu, ao longo de milhões de anos, desde o betume até aos hidrocarbonetos mais leves. Estes tendem a ascende

à superfície, devido à sua menor densidade e graças à porosidade das rochas sedimentares. Quando as condições geológicas impedem tal ascensão por serem impermeáveis, formam-se os jazigos petrolíferos.

Contribuiu para a aceitação desta teoria o facto de, em jazigos de petróleo, serem normalmente encontrados restos animais e vegetais, além de compostos de enxofre e fósforo, ainda hoje presentes nos organismos vivos.

► **Ocorrência**

O petróleo é encontrado em reservatórios tanto em terra como no mar, principalmente em bacias de origem sedimentar. Muitas vezes o petróleo pode estar associado a camadas de gás natural.

Trata-se de uma combinação complexa de hidrocarbonetos, composta na sua maioria por hidrocarbonetos alifáticos acíclicos e aromáticos, podendo conter também quantidades pequenas de nitrogénio, oxigénio, compostos de enxofre e iões metálicos, principalmente, de níquel, vanádio e chumbo.

Sendo um recurso fóssil não renovável, o petróleo é a principal fonte de energia dos países desenvolvidos e a base para o fabrico dos mais variados produtos, de entre os quais se destacam as benzinhas, o *diesel*, a gasolina, a parafina, a cera, o alcatrão, os plásticos e até mesmo muitos medicamentos. Tal facto torna o petróleo num dos produtos mais procurados, valorizados e usados a nível mundial.

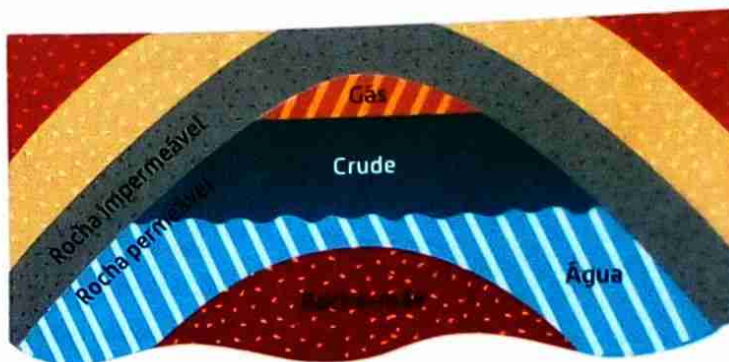


Fig. 22 – Estrutura do subsolo onde é possível encontrar petróleo bruto e gás natural.

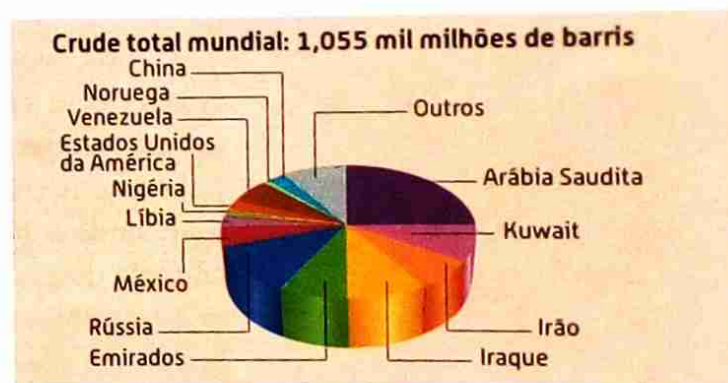


Fig. 23 – Países produtores de petróleo bruto.

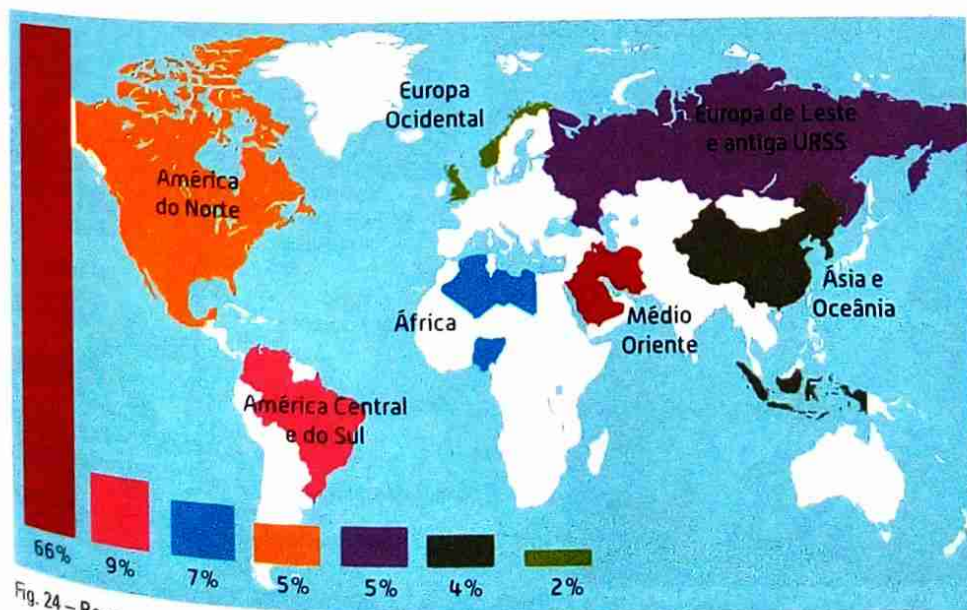


Fig. 24 – Reservas mundiais de petróleo bruto.



25 – Petróleo bruto ou crude.

► Propriedades físicas

O petróleo bruto é um líquido oleoso, viscoso, menos denso que a água e insolúvel nesta. Apresenta uma coloração que varia entre o amarelo-escuro e o negro, é inflamável e tem um cheiro característico.

O petróleo bruto é um líquido oleoso, cuja coloração varia entre o amarelo-escuro e o negro, sendo, por esse motivo, também chamado de "ouro negro". É encontrado sobretudo em jazigos subterrâneos.

► Composição química

Quimicamente, o petróleo bruto é formado por uma mistura de hidrocarbonetos líquidos, entre os quais alcanos, cicloalcanos, alguns alcenos e alcinos bem como certos compostos aromáticos, que se encontram em diferentes proporções, dependendo da origem da mistura. Além daqueles constituintes, o petróleo bruto contém uma pequena quantidade de compostos inorgânicos, como o enxofre, nitrogénio, o oxigénio e metais.

► Extração

O processo de extração do petróleo bruto depende do tipo de reservatório em exploração. Existem dois tipos de reservatório: os jazigos subterrâneos encontrados em terra, em locais que eram originalmente bacias sedimentares marinhas, e, em maior quantidade, no mar, onde o petróleo se encontra entre uma camada de água e uma camada de gás natural.

O petróleo extrai-se mediante a perfuração de um poço sobre o jazigo. Regra geral, na parte inferior encontra-se uma camada de água e na parte superior acumulam-se gases comprimidos, dos quais o metano é o mais abundante. Normalmente, as perfurações podem ir até alguns quilómetros de profundidade.

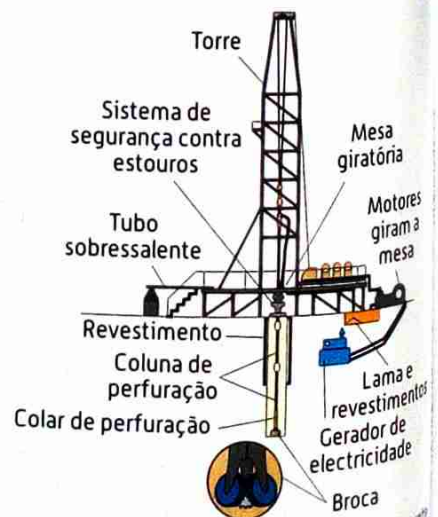
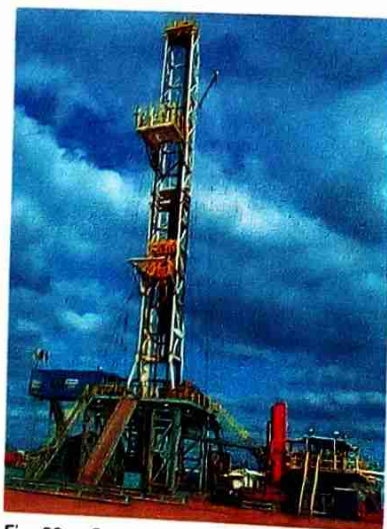


Fig. 26 – Onshore, o método utilizado é a perfuração de um poço ou furo utilizando-se brocas rotativas na extremidade de uma haste também rotativa e oca.

No jazigo, os gases comprimidos actuam sobre o líquido, obrigando-o a subir pelo canal aberto. Depois de algum tempo, a pressão dos gases torna-se insuficiente para conduzir o petróleo até a superfície, razão pela qual a extracção passa então a ser realizada com recurso a bombas.

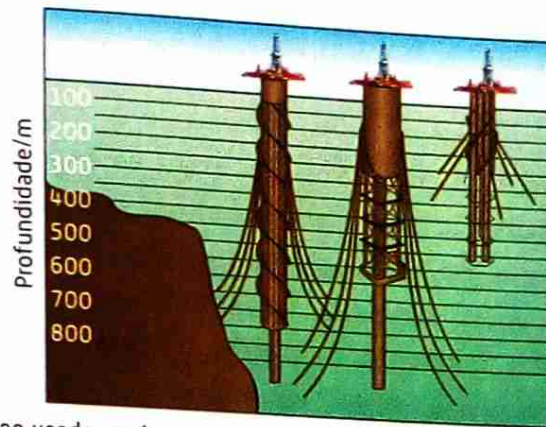


Fig. 27 - Offshore, o método é semelhante ao usado onshore, contudo as brocas para exploração são diferentes em função da profundidade que se pretende atingir.

Os poços de petróleo encontram-se normalmente ligados a uma rede de oleodutos (*pipelines*) que conduzem o petróleo até ao seu tratamento primário onde é desidratado e estabilizado, eliminando os compostos mais voláteis. Posteriormente, é transportado para as refinarias para um tratamento subsequente que consiste na sua refinação. Se a pressão não for suficiente usam-se outros mecanismos, como bombas, injeção de água ou de gás, entre outras técnicas para propulsionar o petróleo para o exterior.



Fig. 28 - Oleodutos (*pipelines*).



Fig. 29 - Transporte do petróleo.

► Refinação

Destilação fraccionada do petróleo

O petróleo não é utilizado tal como se extrai da Natureza. Antes de ser usado, é separado em fracções mais simples de hidrocarbonetos que possuem usos específicos.

Ao processo de separação dá-se o nome de destilação fraccionada. O petróleo natural é introduzido na parte mais baixa

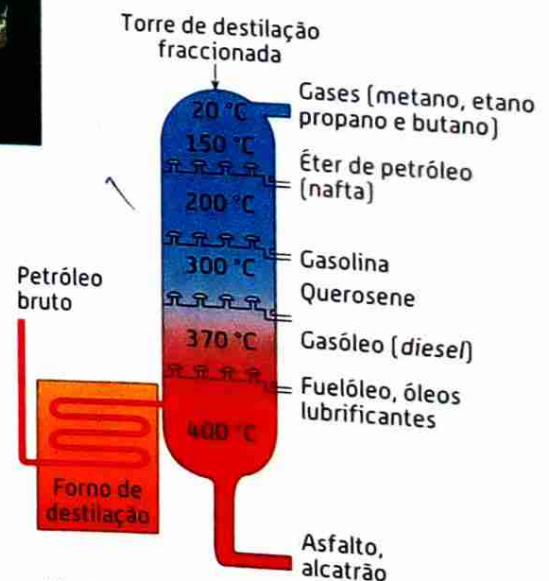


Fig. 30 - Esquema de uma torre de destilação fraccionada de petróleo bruto.

da torre ou coluna de destilação fraccionada. A mistura é aquecida a cerca de 400 °C e separada em fracções.

Destilação fraccionada é um processo que consiste na separação dos diversos constituintes de uma mistura que se baseia na diferença entre os respectivos pontos de ebulição.

Todas as substâncias que se evaporam a uma dada temperatura passam como vapores para as câmaras superiores cada vez sempre mais frias onde se condensam sucessivamente em fracções. As fracções mais pesadas correspondem aos óleos e lubrificantes e condensam logo na primeira câmara (mais em baixo), enquanto a fracção mais leve condensa na última câmara (mais em cima). Assim, separam-se primeiro as fracções com pontos de ebulição mais baixos – por exemplo, o metano, o etano, o propano e o butano – e, no final, os componentes com elevados pontos de ebulição e que formam resíduos como, por exemplo, o asfalto.

Deste processo obtêm-se as seguintes fracções:

- ✓ Gases metano, etano, propano e butano;
- ✓ Éter de petróleo ou nafta;
- ✓ Gasolina;
- ✓ Querosene;
- ✓ Gasóleo (*diesel*);
- ✓ Fuelóleo;
- ✓ Óleos e lubrificantes;
- ✓ Asfalto;
- ✓ Alcatrão.

Constituintes da destilação do petróleo – principais derivados

Regra geral, os componentes do petróleo distribuem-se do seguinte modo na coluna de fraccionamento:

- ✓ De 20 a 60 °C – éter de petróleo;
- ✓ De 60 a 90 °C – benzina;
- ✓ De 90 a 120 °C – nafta;
- ✓ De 120 a 200 °C – gasolina;
- ✓ De 150 a 300 °C – querosene;
- ✓ De 250 a 350 °C – gasóleo ou óleo *diesel*;
- ✓ De 300 a 400 °C – lubrificantes;
- ✓ Resíduos – asfalto e coque.

Também se obtêm como subprodutos a parafina e a vaselina.

Actividades

1. Indica as propriedades físicas do petróleo.
2. Quais são os compostos que fazem parte da composição química do petróleo?
3. Existem dois tipos de reservatórios de petróleo. Indica-os.
4. Diz o que entendes por destilação fraccionada.
5. Quais as fracções que se obtêm a partir da destilação fraccionada do petróleo?

5.1.2 Principais derivados do petróleo e suas aplicações

Como já foi dito, a utilização do petróleo bruto como combustível e matéria-prima expandiu-se muito rapidamente com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Isto criou uma grande dependência econômica de países que não produzem os derivados do petróleo, como é o caso de Moçambique e outros.

A indústria que transforma os derivados do petróleo bruto denomina-se indústria **petroquímica**. Ela obtém vários produtos derivados do petróleo como plásticos, derivados do eteno, pesticidas, herbicidas, fertilizantes e fibras sintéticas a partir do petróleo.

A tabela que se segue apresenta os derivados do petróleo e as suas principais aplicações.

DERIVADO DO PETRÓLEO	N.º DE ÁTOMOS DE CARBONO NA MOLÉCULA	TEMPERATURA DE EBULIÇÃO APROXIMADA (°C)	APLICAÇÕES
Gás natural	C ₁ a C ₄	Até 20 °C	Combustível doméstico e industrial.
Eter de petróleo	C ₅ a C ₆	20 °C a 60 °C	Solvente industrial para compostos orgânicos.
Nafta	C ₆ a C ₇	60 °C a 100 °C	Solvente industrial para compostos orgânicos.
Gasolina	C ₈ a C ₁₂	50 °C a 200 °C	Combustível para motores de explosão (automóveis).
Querosene	C ₁₀ a C ₁₄	150 °C a 275 °C	Combustível para jactos, foguetões e para iluminação e aquecimento doméstico.
Óleo diesel	C ₁₂ a C ₂₀	175 °C a 350 °C	Combustível para navios, camiões, comboios...
Óleos lubrificantes	C ₂₀ a C ₂₆	350 °C a 550 °C	Óleos para lubrificação.
Graxas	> C ₂₀	Acima de 550 °C	Graxas e vaselina.
Asfalto	> C ₂₆	Resíduos	Asfalto para pavimentação de estradas.

Os maiores produtores de petróleo do Mundo são o Irão, o Iraque, o Kuwait, a Arábia Saudita, os EUA, a ex-URSS, a Venezuela, a Roménia, a Nigéria, a Angola, a Indonésia, a China e a Líbia, entre outros em menores quantidades.

As grandes companhias petrolíferas no Mundo são a British Petroleum (BP), a Shell, a Imperial e a Rockerfeller.

Cracking ou pirólise

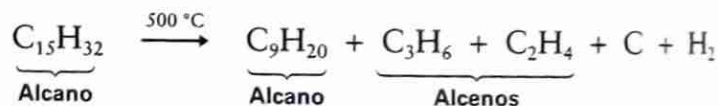
A grande revolução do petróleo ocorreu com a procura crescente dos combustíveis, em particular da gasolina, associada à invenção dos motores de combustão interna e ao fabrico de automóveis em elevado número.

Assim, a gasolina passou a ser uma das fracções mais importantes e mais usadas do petróleo bruto. A fracção da gasolina representa 20% do petróleo. A gasolina não é uma fracção pura de um composto, mas sim uma mistura de hidrocarbonetos voláteis (alcanos e compostos aromáticos). Como esta fracção é a de maior consumo, os químicos procuraram desenvolver um processo que permitisse obter uma maior quantidade de gasolina. Este processo foi descoberto nos EUA e recebeu o nome de *cracking*, palavra inglesa que significa quebrar.

Cracking é um processo que consiste na quebra das cadeias carbonáceas dos hidrocarbonetos de maior massa molecular, originando hidrocarbonetos médios e inferiores constituintes da fracção da gasolina.

O *cracking* pode ser térmico (decomposição por aquecimento) ou catalítico (decomposição por acção de catalisadores).

Exemplo:



Os alcenos obtidos do *cracking* do petróleo são usados como matéria-prima no fabrico de polímeros através de reacções de polimerização.

5.1.3. A história do petróleo

Desde a Antiguidade que o petróleo aparecia de forma natural em certas regiões terrestres, como nos países do Médio Oriente. Há 6000 anos, na Assíria, na Babilónia, no Egipto, no México e na China o petróleo já era usado na medicina, como combustível, para curtir peles e para pintar esculturas. A primeira destilação do petróleo atribui-se ao sábio árabe de origem persa **Al Razi**, no século IX, inventor do alambique, com o qual obtinha o querosene e outros destilados para usos médicos e militares.

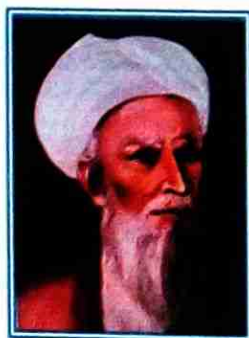


Fig. 31 – Al Razi (864-930).

Durante a Idade Média, o petróleo continuou a ser usado exclusivamente com fins curativos. Com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, o petróleo passou a substituir o carvão e começou a ser muito procurado e usado pelos países industrializados. Desde então a sua procura e aplicação tem aumentado consideravelmente.

Dada a sua importância fundamental para a indústria manufacturera e de transporte, o aumento do preço do petróleo nos últimos anos tem sido responsável por grandes variações nas economias locais, o que tem provocado um forte impacto na economia global.

SABIAS QUE...

... Na segunda metade do século XIX, na década de 1860, com a perfuração dos primeiros poços petrolíferos nos EUA e na Roménia, o petróleo passou a ser mais explorado, sendo, no início, apenas obtido querosene (petróleo de iluminação), usado na iluminação das vias públicas em substituição dos óleos animais até então utilizados?

... No século XX verificou-se a expansão da indústria petrolífera e, actualmente, o petróleo é a principal fonte de combustíveis dos principais meios de transporte e a matéria-prima para a produção de muitos produtos usados no nosso quotidiano?

5.1.4. O petróleo e o ambiente

A utilização do petróleo como fonte de energia para as mais diversas actividades humanas está associada a uma série de questões que vão desde as que se prendem com o desenvolvimento socioeconómico até às relacionadas com os danos causados ao ambiente. Senão vejamos.

Sendo a principal matéria-prima energética e industrial do planeta, uma riqueza distribuída de forma desigual entre os países e um recurso não renovável, o petróleo tornou-se provavelmente a substância mais importante negociada entre países e corporações, constituindo desde o início do século XX um factor político importante e causador de crises entre governos, levando explícita ou implicitamente a **guerras, massacres e extermínios**.

Entre os eventos históricos mais importantes que podem ser directa ou parcialmente ligados a disputas por petróleo, destacam-se:

- A crise petrolífera dos anos 70 e 80 com as guerras entre o Irão e o Iraque e a guerra das Malvinas entre a Inglaterra e a Argentina.
- Nos anos 90 destacam-se a primeira guerra do Golfo e o separatismo na Chechénia.
- A partir do ano 2000 o Mundo conheceu a guerra do Afeganistão, a guerra do Iraque e muito recentemente a guerra da Geórgia.
- Também são conhecidas muitas outras guerras civis em que o petróleo se tornou elemento de disputas locais. São os casos da Argélia, Nigéria, Colômbia, Angola, Níger e Sudão.

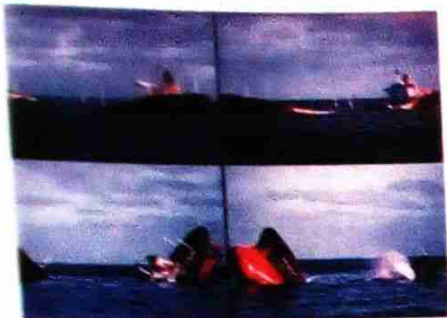


Fig. 32 – Petroleiro Katina P no momento do afundamento.

Além das guerras, a exploração e o comércio internacional de petróleo estão associados a muitos desastres ecológicos.

Muitos moçambicanos ainda se recordam do dia 13 de Dezembro de 1977. Nessa data, Moçambique foi atingido por um desastre ecológico derivado do transporte de petróleo. O petroleiro Katina com 72 000 toneladas de crude, afundou frente à baía de Maputo causando um derrame de petróleo que afectou consideravelmente a fauna e a flora da região.

A tabela que se segue resume os dez maiores acidentes petrolíferos da história mundial.

**Guerra do Golfo, Kuwait, Golfo Pérsico
(Janeiro de 1991)**

O mais grave derrame da História e que não foi acidental, pois foi provocado pelas forças iraquianas que abriram as válvulas dos poços de petróleo e de oleodutos quando se retiram do Kuwait. Foram derramadas cerca de 360 000 toneladas de petróleo o que causou enormes danos à vida selvagem no Golfo Pérsico.

**Ixtoc I, Campeche, Golfo do México
(Junho de 1979)**

Este acidente ocorreu na Baía de Campeche, quando a plataforma Ixtoc I se rompeu e derramou 454 000 toneladas de petróleo. A enorme maré negra afectou, por mais de um ano, uma área costeira de mais de 1600 km².

**Poço de petróleo Fergana Valley, Usbequistão
(Março de 1992)**

É um dos maiores derrames terrestres de que há registo e tratou-se da explosão de um poço no Vale da Fergana. Foram derramadas 285 000 toneladas de petróleo, afectando uma das áreas mais densamente povoadas e agrícolas da Ásia Central.

**Atlantic Empress, Tobago, Caraíbas
(Junho de 1979)**

Teve origem na colisão de dois petroleiros, devido a uma tempestade tropical, próxima da ilha caribenha de Tobago. Derramaram-se 287 000 toneladas de petróleo que, para além da maré negra causada, provocaram a morte dos 26 membros da tripulação.

**Nowruz, Irão, Golfo Pérsico
(Fevereiro de 1983)**

Durante a primeira Guerra do Golfo, um tanque colidiu com a plataforma de Nowruz causando um derrame de cerca de 280 000 toneladas de petróleo.



**ABT Summer, Angola
(Maio de 1991)**

A explosão na costa angolana do petroleiro da Libéria ABT Summer, matando cinco membros da tripulação, provocou o derrame de 260 000 toneladas de petróleo, afectando a vida marinha ao longo dessa costa do oceano Atlântico.

**Castillo de Bellver, África do Sul
(Agosto de 1983)**

O navio espanhol incendiou-se, seguindo-se uma explosão que o levou a rachar-se ao meio.

Derramou 252 000 toneladas de petróleo na costa da Cidade do Cabo. Por sorte, não alcançou o litoral graças ao vento forte, o que minimizou os efeitos ambientais do desastre.

**Amoco Cadiz, França
(Março de 1978)**

Devido ao rompimento ao meio do petroleiro Amoco Cadiz na costa noroeste de França derramaram-se 223 000 toneladas de petróleo que mataram milhares de espécies marinhas.

Esta foi a primeira vez que imagens de aves marinhas cobertas de petróleo foram vistas em todo o mundo.

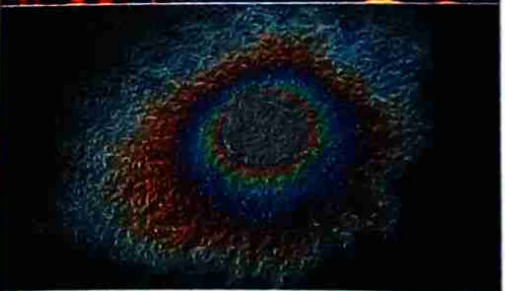
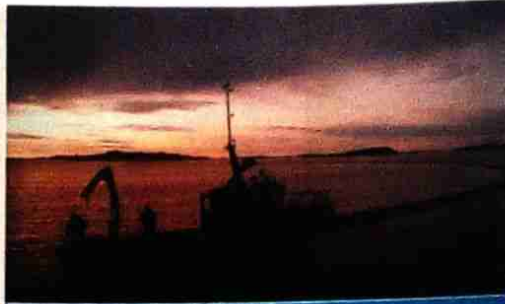
**M T Haven, Itália
(Abril de 1991)**

O petroleiro M T Haven explodiu e naufragou ao largo da costa de Génova.

Derramaram-se 144 000 toneladas de petróleo e este acidente provocou, para além da morte de seis tripulantes, a poluição da costa mediterrânica de Itália e França que se estendeu pelos 12 anos seguintes.

**Odyssey, Canadá
(Setembro de 1988)**

Na província canadiana de Newfoundland um poço petrolífero explodiu durante uma operação de perfuração da plataforma norte-americana Odyssey, provocando a morte de uma pessoa e o derramamento de 132 000 toneladas de petróleo.



Muito recentemente, a 20 de Abril de 2010, o mundo foi atingido por mais um desastre ecológico, sobre o qual os ambientalistas têm estado a prestar muita atenção. Trata-se do derrame de petróleo ocorrido no golfo do México, causado pela explosão da plataforma de perfuração **Deepwater Horizon**. No dia 22 de Abril de 2010 a plataforma afundou-se e do desastre morreram já 11 trabalhadores; calcula-se que tenham sido derramados cerca de 160 000 litros de petróleo por dia, o que tem criado uma mancha de muitos quilómetros de



Fig. 33 – Acidente causado pela explosão da plataforma de perfuração Deepwater Horizon.

petróleo, fragilizando o ecossistema naquela região. A 17 de Julho de 2010, a BP (British Petroleum, empresa responsável pela plataforma) anunciou ter conseguido estancar temporariamente o derrame de petróleo, depois de instaladas novas válvulas que conseguiram travar o derrame.

Todos estes acidentes provocam problemas ambientais, pois colocam em risco a vida da fauna e flora marinhas e, consequentemente, a saúde humana.



Fig. 34 – Os acidentes com derramamento de petróleo afectam principalmente a fauna e a flora das regiões onde ocorrem.

Além destes, existem outros problemas ligados ao uso do petróleo. A queima de substâncias como a gasolina e o *diesel*, vulgarmente usados nos veículos automóveis e nas actividades industriais, liberta, entre outros, gases como o SO_2 , o CO_2 e o NO . Como sabes, estes gases formam as chuvas ácidas que destroem as florestas e provocam a erosão química de muitas rochas, principalmente as calcárias. Além disso, estes gases contribuem para o aumento do efeito de estufa e, consequentemente, para o aquecimento global.

Todos estes exemplos deveriam permitir-nos repensar cuidadosamente as nossas acções, procurando encontrar a melhor forma de fazer um uso sustentável dos recursos que temos, de forma a melhorarmos, por um lado, a vida das populações e, por outro, a preservarmos o nosso ambiente.

5.1.5. Zonas de prospecção de petróleo em Moçambique

Em Moçambique há três zonas de prospecção de petróleo. Uma situa-se na bacia do rio Zambeze, no distrito de Inhamitanga, na província de Sofala, outra na bacia do rio Rovuma, na província de Cabo Delgado, e a terceira na baía de Bazaruto, na província de Inhambane.

Há informações segundo as quais a bacia do Rovuma, no Norte de Moçambique, tem condições geológicas similares às do golfo do México e um potencial para produzir 3 mil milhões de barris de petróleo. Até ao momento já foram investidos cerca de 300 milhões de dólares em pesquisas na bacia do Rovuma e pouco mais de 100 milhões de

dólares na bacia de Moçambique. Na região Sul do país, a companhia petroquímica sul-africana Sasol, em parceria com a Empresa Nacional de Hidrocarbonetos (ENH), tem um contrato de pesquisa e produção de petróleo na zona *offshore* de Pande e Temane, junto à baía de Bazaruto.

5.2. A parafina e suas aplicações – velas, ceras, graxas e vaselina

A parafina é um derivado do petróleo descoberto por Carl Reichenbach. Conhecida pela sua alta pureza, excelente brilho e odor reduzido, também pode ser usada como combustível.

Possui propriedades termoplásticas e de repelência à água e é muito usada na protecção de diversas aplicações, como embalagens de papelão para a indústria alimentícia e revestimento de queijos e frutas. Devido à sua propriedade de combustível, é matéria-prima essencial no fabrico de velas. Outras aplicações comuns à parafina incluem cosméticos, ceras, graxas, vaselina, adesivos termofusíveis (*hot melt* – cola quente), papel de carbono, pranchas de *surf*, tintas, entre outras.

Tem geralmente a aparência de cera sólida branca, sem odor, sem gosto e com ponto de fusão típico entre 58 °C e 62 °C. É insolúvel em água mas solúvel em dietil-éter, éter, benzeno e em certos ésteres. A parafina não reage com a maioria dos reagentes químicos comuns, mas queima facilmente (é combustível).

► Velas

Sabias que antigamente as velas eram feitas de gordura de animais envolta em tecidos ou fibras vegetais? No Egipto, por exemplo, era comum usarem-se pavios de tecidos mergulhados em óleos como velas. No século XIII, em França, perpetuou-se a tradição de receber artesãos que viajavam de casa em casa, confeccionando velas feitas de gordura de baleia. Já entre os Romanos era usada a cera de abelha para fabricar velas. Na segunda metade do século XVIII, a companhia de gás de Londres introduziu o espermacete de baleia na iluminação pública. A substância retirada dos cetáceos tinha combustão mais lenta e permitia reduzir os custos da administração pública.

A parafina, de que são compostas as velas modernas, só apareceu a partir de 1854. Actualmente, são usadas a estearina e a parafina, ou misturas destas substâncias derivadas do petróleo. A cera de abelha, considerada mais nobre e pura, ainda é utilizada, mas em menor escala.



Fig. 35 – A parafina é um derivado do petróleo.



Fig. 36 – As velas, tão conhecidas do nosso dia-a-dia, são produzidas a partir da parafina e podem ter os mais variados formatos.

Fabrico de velas artesanais

O fabrico de velas não é de fácil execução. Porém, atrai um grande número de pequenos empreendedores, pois oferece muitas oportunidades para que estes possam ter sucesso e se diferenciem no mercado, através da arte de trabalhar com recursos e equipamentos e, principalmente, da criatividade na elaboração e na comercialização dos seus produtos e serviços.

Os equipamentos básicos para o fabrico de velas são:

- ✓ Formas em alumínio;
- ✓ Pavios (torcidas) artesanais parafinados;
- ✓ Cortadores (tesouras, facas, etc.);
- ✓ Recipientes de vidro refractário ou panelas para derreter a parafina;
- ✓ Máquina modeladora;
- ✓ Pincéis e palitos de madeira, etc.

Matéria-prima

As velas são fabricadas a partir da parafina pura – um derivado do petróleo, inodoro, de cor branca-amarelada –, que queima quando em contacto com a chama que é conduzida pelo pavio.

Processo de produção

O processo completo de produção dura, aproximadamente, 20 minutos.

As etapas do processo de produção são:

- **Aquecimento** – a parafina é colocada num recipiente, onde é aquecida até à sua fusão (entre 70 °C e 75 °C).
- **Depósito** – depois de fundida, a parafina é transferida para o depósito de alimentação das máquinas modeladoras que dão forma à vela.
- **Pavio** – os pavios (torcidas) são colocados nos moldes das máquinas modeladoras, onde são recobertos pela parafina.
- **Retirada dos moldes** – a vela é, cuidadosamente, retirada do molde.
- **Corte** – com os instrumentos de corte, são dados os retoques finais na vela.
- **Embalagem** – a vela é embalada e está pronta para ser comercializada.

Actividades

1. Quais são os produtos que se podem obter a partir da parafina?
2. Indica as propriedades físicas da parafina.
3. Como é obtida a parafina?
4. Quais as etapas do processo de produção de velas?

► Ceras

Certamente que conheces ou já ouviste falar sobre a cera das abelhas, contudo, também existem ceras que são provenientes, imagina só, do petróleo.

No reino animal, a cera é produzida pelas abelhas. Porém, também existem ceras químicas, que são produtos secundários da destilação do petróleo. Podem ser líquidas, viscosas ou completamente sólidas. Tais ceras são muito usadas no tratamento de protecção dos soalhos das casas, produtos de arte, no fabrico de cremes de depilação, na produção de produtos para o polimento de móveis, couro, automóveis e sapatos.



Fig. 37 – No reino animal, a cera é produzida pelas abelhas.



Fig. 38 – As ceras químicas são produzidas a partir de um derivado do petróleo, a parafina.

► Graxas

As graxas são o nome genérico e popular dado a lubrificantes pastosos (semiplásticos) ou de elevada viscosidade, compostos por misturas de óleos lubrificantes minerais (de diversas viscosidades) e seus aditivos. Em tais formulações o óleo mineral entra como o verdadeiro lubrificante. Os aditivos actuam na manutenção de propriedades de antioxição, resistência à acção da água e de determinados solventes, capacidade de adesão, estabilidade da viscosidade em função da temperatura e do movimento, resistência ao desalojamento e a pressões extremas e outras propriedades específicas do uso e ambiente em questão. As graxas possuem múltiplas aplicações. Por exemplo, são usadas como engraxadoras, nos rolamentos de máquinas, na lubrificação entre peças de borracha e metal, entre outros.



Fig. 39 – As graxas são produzidas a partir da parafina e têm várias aplicações, como, por exemplo: (A) engraxadoras e (B) lubrificantes de rolamentos.

► Vaselina

A vaselina é um produto com que estamos muito familiarizados e que usamos com frequência no nosso cotidiano. Contudo, provavelmente nunca pensaste que este composto fosse um derivado do petróleo.

A vaselina líquida é também conhecida como parafina líquida ou, ainda, como óleo mineral. Trata-se de um líquido oleoso, transparente, insolúvel em água e álcool, mas solúvel em muitos solventes orgânicos. É um composto insípido e inodoro, mas quando aquecido apresenta um leve odor a petróleo. É uma mistura de hidrocarbonetos líquidos obtida do petróleo redestilado. A vaselina pode ser líquida ou sólida, sendo a primeira um produto secundário, derivado da destilação do petróleo no processo de produção da gasolina.

A vaselina possui muitas aplicações: pode ser aplicada em trilhos e dobradiças, como lubrificante ou como base para a preparação de cremes, pomadas, emulsões e géis na indústria farmacêutica e cosmética. Também é aplicada em segmentos industriais nas bordas e nos lugares mais manuseados, na lubrificação de máquinas de costura, bicicletas e barcos.



Fig. 40 – A vaselina é produzida a partir da parafina e é muito usada como base de preparação de produtos da indústria cosmética e farmacêutica.

5.3. Gás natural

5.3.1. Ocorrência, composição química e aplicações

Tal como já foi dito, o gás natural encontra-se em depósitos subterrâneos isolados ou sobre o petróleo bruto. Este gás forma-se a partir da decomposição de matéria orgânica, zooplâncton e algas soterrados há milhões de anos.

O principal componente do gás natural é o **metano** (CH_4), com cerca de 75% do volume total, chegando por vezes a atingir, em certos casos, os 90%. Além do metano, encontram-se também quantidades consideráveis de outros gases como o **etano**, o **propano** e o **butano**.

Os grandes jazigos de gás natural encontram-se na Rússia, no Qatar, no Irão, no Iraque, nos Emirados Árabes Unidos, nos EUA, no Canadá, no México e no Brasil.

Moçambique também possui quantidades consideráveis de gás. O maior jazigo de gás natural localiza-se na província de Inhambane, no distrito de Govuro. Os restantes jazigos localizam-se nas províncias de Sofala, no distrito de Búzi, e de Cabo Delgado.

O gás natural é o maior recurso para a produção de energia eléctrica a partir de turbinas a gás e a vapor. O gás natural é também usado como combustível doméstico. O gás usado na cozinha e nos sistemas de aquecimento costuma ser o propano, que é comercializado em botijas apropriadas. Em certos países o gás é canalizado directamente até ao local de consumo.

O gás produzido em Pande e Temane é também canalizado em tubagem apropriada desde o local de produção em Moçambique até ao local de transformação na África do Sul.

5.3.2 O gás natural e o ambiente

Actualmente, o gás natural tem sido utilizado como combustível alternativo, em substituição dos combustíveis derivados do petróleo bruto, por ser uma fonte de energia que polui menos do que os restantes combustíveis fósseis.

O gás natural, por ser volátil, tem a vantagem de não ser derramado, como acontece com o petróleo bruto em caso de acidentes. Em caso de fuga, este sobe para camadas superiores da atmosfera por ser menos denso do que o ar localizado nas suas camadas mais inferiores.

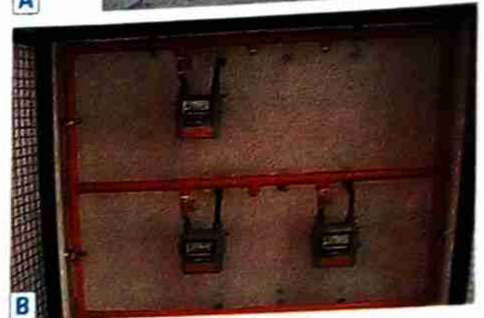
O gás natural é ambientalmente mais limpo que qualquer outro combustível fóssil, pois forma menos fuligem e menos dióxido de carbono quando queimado.

Estudos comparativos feitos sobre o impacto ambiental do uso do gás natural como combustível em automóveis (GPL) mostram, por exemplo, que:

- quantidades equivalentes de energia produzidas à base da queima de gás libertam cerca de menos 30% de dióxido de carbono (CO_2) comparativamente à queima do petróleo, e cerca de menos 45% de dióxido de carbono (CO_2) em relação à queima do carvão mineral;
- um carro a gás liberta menos 79% de monóxido de carbono (CO) e menos 65% de óxidos de nitrogénio (NO_x) para a atmosfera do que um carro a gasolina. Além disso, os carros movidos a gás não libertam óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3) nem fuligem como os carros movidos a *diesel*.



A



B

Fig. 41 – O gás natural pode ser armazenado em (A) botijas ou (B) canalizado.



Fig. 42 – Cada vez mais o gás natural está a ser utilizado como combustível em automóveis (GPL – gases de petróleo liquefeitos).

6. Hidrocarbonetos aromáticos

6.1. Propriedades gerais dos hidrocarbonetos aromáticos

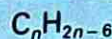
Os hidrocarbonetos aromáticos são geralmente compostos caracterizados por apresentarem como cadeia principal um ou vários anéis benzênicos, sendo a "aromaticidade" melhor definida como uma "dificuldade" que as ligações duplas de um composto têm de participar em reacções típicas de alcenos, devido a uma deslocalização dessas mesmas ligações na molécula.

Os hidrocarbonetos aromáticos são aqueles que apresentam, na sua estrutura, um ou mais anéis benzênicos.

A definição de aromáticos deve-se, no entanto, ao facto de os primeiros representantes destes compostos apresentarem um aroma agradável.

Actualmente, apesar de se conhecerem compostos deste grupo sem o referido cheiro agradável, o nome mantém-se por tradição.

A fórmula geral dos hidrocarbonetos aromáticos monocíclicos, isto é, com apenas um anel benzênico é:



sendo $n \geq 6$.

Além do benzeno e dos compostos com ele relacionados (anéis fundidos), existem poucos hidrocarbonetos que possuem aromaticidade. A aromaticidade também ocorre em outras cadeias cíclicas. O furano (C_4H_4O), por exemplo, é um composto aromático em que o anel é formado por quatro átomos de carbono, quatro átomos de hidrogénio e um átomo de oxigénio.



Fig. 43 – Fórmula de estrutura do furano (C_4H_4O).

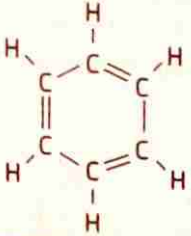
6.2. O benzeno

6.2.1. Propriedades físicas do benzeno

O benzeno é o representante dos hidrocarbonetos aromáticos e foi descoberto por Michael Faraday em 1825.

Trata-se de um líquido incolor, com um odor doce a essências, mas bastante tóxico. É solúvel em éter, nafta e acetona. Também se dissolve em álcool e na maioria dos solventes orgânicos. É ainda capaz de dissolver o iodo e as graxas.

A tabela que se segue apresenta algumas propriedades do benzeno.

NOME	Benzeno
FÓRMULA MOLECULAR	C_6H_6
FÓRMULA DE ESTRUTURA	
MASSA MOLAR	78 g/mol
DENSIDADE	0,89 g/cm ³
PONTO DE FUSÃO	5,5 °C
PONTO DE EBULIÇÃO	80 °C

Estrutura do benzeno – um tipo de anel muito especial

Uma das maiores dificuldades que os cientistas tiveram foi perceber a estrutura do benzeno e desse modo atribuir-lhe uma fórmula estrutural que correspondesse ao seu comportamento químico.

Foi o químico alemão **Friedrich August Kekulé** (1829-1896) quem, em 1865, 40 anos depois da sua descoberta, propôs para o benzeno a fórmula de um hexágono regular, cujos vértices seriam ocupados por átomos de carbono. Nessa estrutura as ligações entre os átomos de carbono alternavam entre simples e duplas e a última ligação de cada átomo de carbono seria estabelecida com um átomo de hidrogénio.

Friedrich August Kekulé ficou conhecido por ter proposto a estrutura hexagonal para a molécula do benzeno, ficando conhecida como a estrutura de Kekulé.

A fórmula de estrutura do benzeno de Kekulé apresentava, no entanto, algumas limitações. Por exemplo, não conseguia explicar a baixa reactividade do benzeno quando comparada com a dos hidrocarbonetos insaturados possuidores de ligações duplas.

Esta lacuna constituiu motivo de investigação aprofundada até que, já no século XX, foi proposta uma teoria designada por **ressonância**, capaz de explicar o fenómeno de forma aceitável.

Segundo esta teoria, o estado normal de uma molécula pode ser explicado não somente por uma estrutura, mas por diferentes combinações de estruturas alternativas para a mesma.

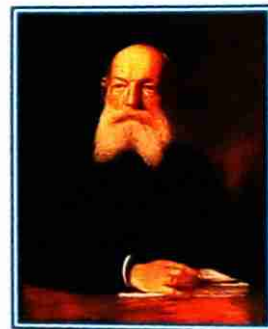


Fig. 44 – Friedrich August Kekulé (1829-1896).

A ressonância pressupõe o uso de duas ou mais estruturas para representar adequadamente uma molécula.

Desse modo, a teoria da ressonância permite a representação de moléculas cuja configuração electrónica é intermédia das previstas nas diferentes possibilidades de estrutura para a mesma.

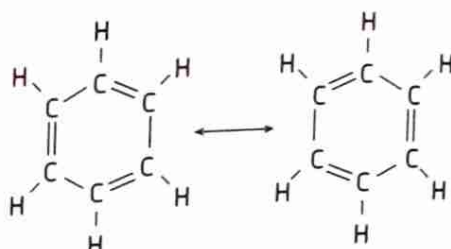


Fig. 45 - Fórmulas de estrutura do benzeno.

A seta indica que os dois modelos não correspondem a estruturas distintas para a molécula de benzeno mas sim a possibilidades de distribuição electrónica para uma única molécula.

Segundo o modelo da estrutura de ressonância, os seis electrões das ligações duplas do benzeno não estão em posições fixas mas circulam em redor dos átomos de carbono. Nenhuma das estruturas de ressonância representa adequadamente a molécula real. A representação mais correcta para a distribuição electrónica será então a ilustrada na figura 46, na qual o círculo no centro representa mais correctamente a localização da densidade electrónica na molécula. Esta estrutura é um **híbrido de ressonância** das duas estruturas possíveis para o benzeno.

Assim, a estrutura de ressonância do benzeno é representada por um hexágono com um círculo no seu centro. Esta representação é também usada para desenhar estruturas de ressonância de outras substâncias derivadas do benzeno.

6.2.2. Propriedades químicas do benzeno

Apesar de ter ligações duplas na sua estrutura, o benzeno participa preferencialmente em reacções de substituição.

Recorde-se que:

Reacções de substituição são aquelas nas quais as moléculas dos reagentes trocam átomos entre si.

Isto deve-se ao facto de as ligações se encontrarem deslocalizadas, isto é, não serem fixas. Este fenómeno confere ao anel aromático uma relativa estabilidade. As reacções de substituição ocorrem no anel com substituição de átomos de hidrogénio por outros átomos ou grupos de átomos.

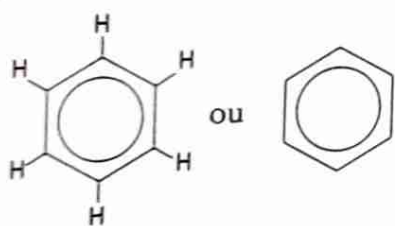
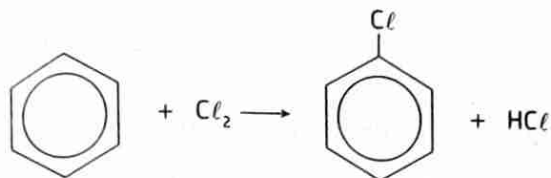
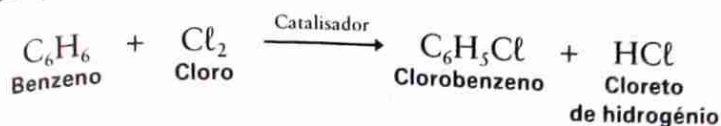


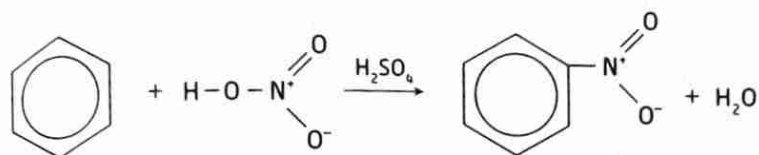
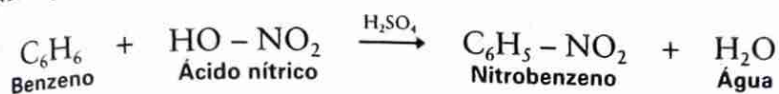
Fig. 46 - Representação da estrutura de ressonância do benzeno - híbrido de ressonância.

► Reações de substituição

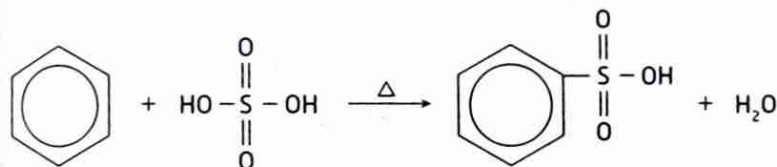
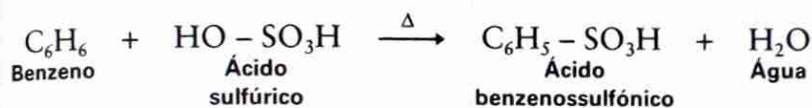
• Halogenação – reacção com os halogéneos



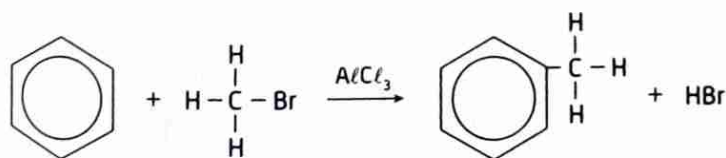
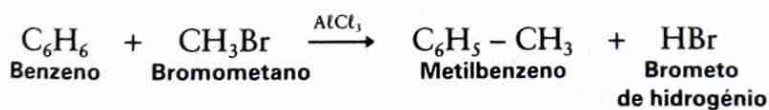
• Nitração – reacção com ácido nítrico



• Sulfonação – reacção com ácido sulfúrico



• Alquilação (método de Friedel-Crafts) – reacção com haloalcanos

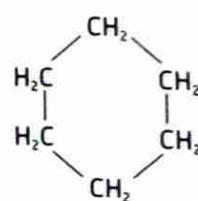


► Reações de adição

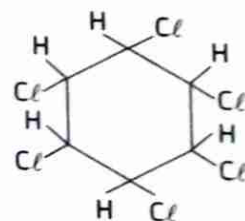
No benzeno e seus derivados as reacções de adição no anel só ocorrem em condições extremas (a altas temperaturas e pressões elevadas e na presença de catalisador). Quando isso acontece o anel benzénico é destruído.

Da reacção com o hidrogénio forma-se o ciclo-hexano.

Da reacção com o cloro forma-se o hexaclorociclo-hexano.



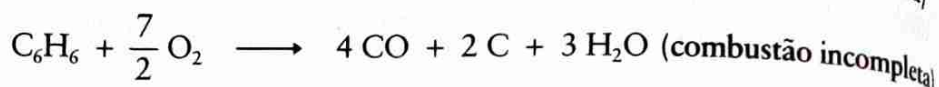
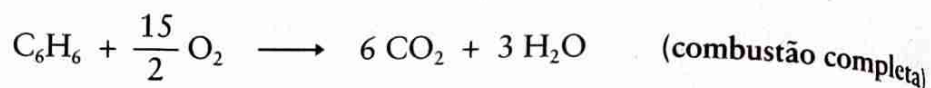
Ciclo-hexano



Hexaclorociclo-hexano

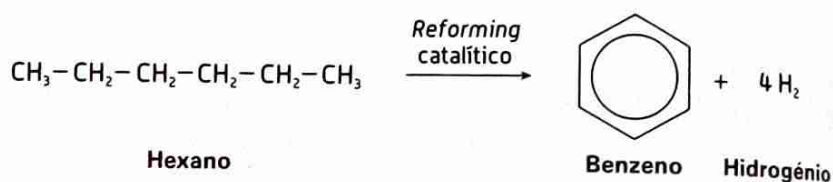
► Reações de combustão

O benzeno arde na presença do oxigênio. A combustão pode ser completa ou incompleta.

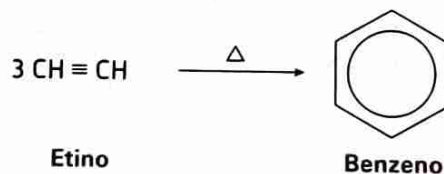


► Métodos de obtenção e preparação do benzeno

Como parte integrante do petróleo e do carvão mineral, o benzeno é obtido industrialmente a partir dessas fontes naturais por destilação fracionada do alcatrão e da hulha. É preparado a partir do petróleo bruto por desidrogenação catalítica do hexano – *reforming* catalítico.



Também se pode obter o benzeno pela trimerização do etino ou acetileno.



6.2.3. Aplicações do benzeno

O benzeno é comercialmente conhecido pela designação **benzol**. É muito utilizado na indústria, quer como solvente orgânico quer na produção de uma série de substâncias químicas desde plásticos, inseticidas (DDT e HCB), fungicidas, corantes, tintas, explosivos (TNT) e até desinfetantes.

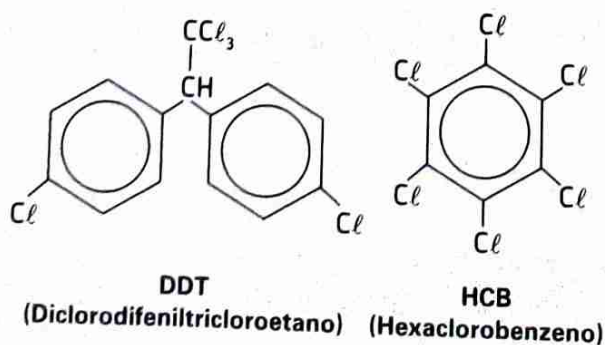


Fig. 47 – O benzeno é muito usado na produção de inseticidas (DDT e HCB).

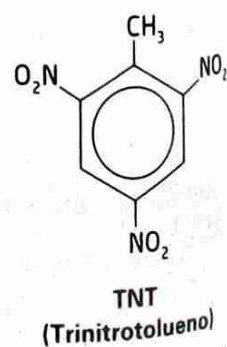


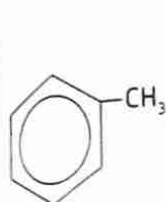
Fig. 48 – O benzeno é muito usado na produção de explosivos (TNT).

6.3. Nomenclatura dos derivados do benzeno

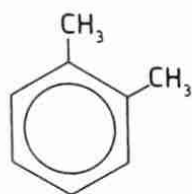
Os compostos aromáticos apresentam, em muitos casos, uma nomenclatura particular que não segue as regras utilizadas na nomenclatura dos outros hidrocarbonetos. Além disso, não existe uma fórmula geral para todos os compostos aromáticos.

A nomenclatura IUPAC consagrou o nome benzeno para o C_6H_6 .

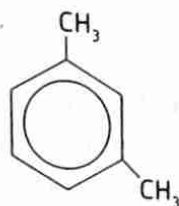
Para os restantes hidrocarbonetos benzênicos citam-se os nomes das ramificações e finaliza-se com a palavra benzeno.



Metilbenzeno
Tolueno



1,2-Dimetilbenzeno
o-Xileno



1,3-Dimetilbenzeno
m-Xileno

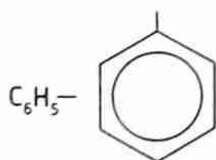


1,4-Dimetilbenzeno
p-Xileno

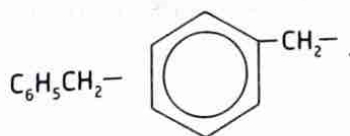
A numeração deve partir da ramificação mais simples, seguindo sempre o sentido que dê os menores números possíveis aos substituintes.

No entanto, são muito comuns **nomes particulares** em toda a série aromática, como é o caso de tolueno e xileno nos exemplos anteriores. Para o caso do xileno, são possíveis três possibilidades de ligação dos grupos metilo ao anel benzênico. Nestas situações são utilizados prefixos específicos: *orto* (*o*-), quando as ligações são nos carbonos 1 e 2, *meta* (*m*-), quando as ligações são nos carbonos 1 e 3, e *para* (*p*-), quando as ligações são nos carbonos 1 e 4.

Os anéis benzênicos formam radicais especiais: o radical do benzeno chama-se **fenilo** e o do tolueno chama-se **benzilo**.

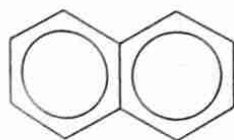


Fenilo

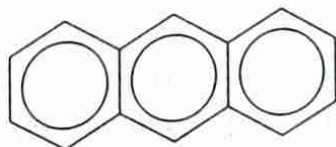


Benzilo

Existem também estruturas formadas por anéis benzênicos condensados, como o **naftaleno** e o **antraceno** que são os mais simples e mais comuns.



Naftaleno ($C_{10}H_8$)

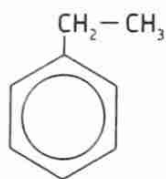


Antraceno ($C_{14}H_{10}$)

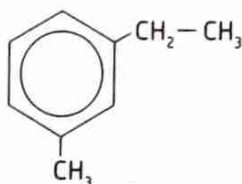
Actividades

1. Refere as aplicações do benzeno.
2. Quais são os métodos de obtenção e preparação do benzeno?
3. Indica quais as reacções de substituição que ocorrem no benzeno.
4. Que outras reacções, para além das de substituição, ocorrem no benzeno?

Mais exemplos de hidrocarbonetos aromáticos:



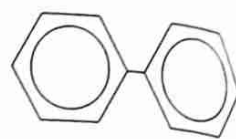
Etilbenzeno



1-Etil-3-metilbenzeno



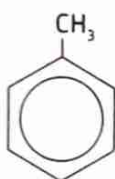
Hidroxibenzeno ou fenol



Fenilbenzeno ou bifenilo

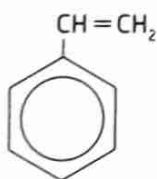
6.4. Aplicações dos derivados do benzeno

► Tolueno



O tolueno ou metilbenzeno ($C_6H_5CH_3$) é um líquido incolor, muito inflamável. É usado como matéria-prima a partir da qual se produz ácido benzóico, fenol, caprolactama, sacarina, diisocianato de tolueno, poliuretano, medicamentos, corantes, perfumes, TNT e detergentes. Também é usado como solvente orgânico e conservante alimentício.

► Estireno



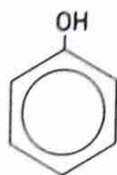
O estireno é um produto manufacturado. É também conhecido como vinilbenzeno, etenilbenzeno e feniletano. Trata-se de um líquido incolor, volátil e de aroma adocicado. É pouco solúvel em água e é usado na produção do poliestireno, polímero constituinte de muitos produtos, como tubos, partes de automóveis, vasilhas alimentares e material de revestimento. A obtenção do poliestireno ocorre por meio da reacção de polimerização do estireno.

► Naftaleno



O naftaleno serve como produto intermediário no fabrico de corantes, anidrido ftálico e aditivos para curtimento e para a indústria têxtil. É também usado na produção de pesticidas. O naftaleno é comercialmente conhecido como **naftalina** (cânfora), muito usado na protecção da roupa contra uma série de insectos como as traças, pois sublima facilmente e os seus vapores têm acção insecticida.

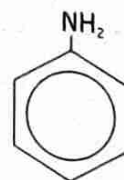
► Fenol



O fenol é maioritariamente aplicado na produção de plásticos e resinas. A resina mais conhecida produzida a partir do fenol é a baquelite. O fenol é também aplicado na produção do *nylon* e detergentes. É ainda um precursor versátil para a produção de uma série de medicamentos, como a aspirina, e é usado na produção de cosméticos, incluindo cremes protectores solares e tintas para o cabelo. Também se usa na produção de herbicidas e pode ser usado como substância embalsamante devido à sua capacidade de preservar os tecidos por longo período de tempo.

► Anilina

A anilina, fenilamina ou aminobenzeno é um líquido entre o incolor e ligeiramente amarelado de odor característico a peixe. Não evapora facilmente à temperatura ambiente e é levemente solúvel em água, dissolvendo-se bem na maioria dos solventes orgânicos. É usada no fabrico de uma ampla variedade de produtos, como, por exemplo, a esponja (espuma de poliuretano), produtos químicos agrícolas, tintas sintéticas, antioxidantes, estabilizadores para a indústria da borracha, herbicidas e explosivos.



7. Comparação das estruturas e propriedades dos hidrocarbonetos

Na tabela que se segue encontram-se apresentadas, de modo comparativo, as estruturas e as reacções típicas dos alcanos, dos alcenos e dos alcinos.

HIDROCARBONETO	TIPO DE LIGAÇÃO	REACÇÕES QUÍMICAS TÍPICAS
Alcanos	Ligações simples (C - C) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Substituição Eliminação Combustão
Alcenos	Ligação dupla (C = C) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$	Adição Eliminação Combustão
Alcinos	Ligação tripla (C \equiv C) $\text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$	Adição Substituição Combustão

Reacções de transformação mútua de alcanos, alcenos e alcinos

Os alcanos, os alcenos e os alcinos convertem-se mutuamente uns nos outros mediante reacções de adição e de eliminação.

REACÇÕES DE ADIÇÃO		REACÇÕES DE ELIMINAÇÃO	
$\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2$ Etino	$\xrightarrow{\text{Catalisador}}$	C_2H_6 Etano	$\xrightarrow{\text{Catalisador}}$
$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$ Eteno	$\xrightarrow{\text{Catalisador}}$	C_2H_6 Etano	$\xrightarrow{\text{Catalisador}}$
		C_2H_4 Eteno	$\xrightarrow{\text{Catalisador}}$
		C_2H_2 Etino	$\xrightarrow{\text{Catalisador}}$

Como se pode observar nos exemplos da tabela anterior, é possível converter por hidrogenação catalítica um alcino num alceno e este último num alceno. De igual modo, através da desidrogenação catalítica é possível converter um alceno num alceno e este último num alcino.

RESUMO

Os **hidrocarbonetos** são compostos orgânicos que apresentam na sua composição apenas átomos de carbono e hidrogénio. Estes podem ser de origem natural (petróleo bruto, gás natural e carvão) ou artificial.

Uma **série homóloga** é um conjunto de compostos com propriedades químicas semelhantes, cujas moléculas diferem entre si por uma massa molecular relativa constante.

A **nomenclatura** dos hidrocarbonetos obedece a regras específicas estabelecidas pela **IUPAC** (*International Union of Pure and Applied Chemistry*).

Isómeros são compostos com a mesma fórmula molecular, mas com arranjos atômicos diferentes e consequentemente com propriedades diferentes.

Os **alcanos** são hidrocarbonetos **saturados** que apresentam apenas ligações simples entre os átomos de carbono. A **fórmula geral** da série homóloga dos alcanos é C_nH_{2n+2} ($n = 1, 2, 3, \dots$). Os seus nomes terminam com o sufixo **-ano**.

Os alcanos apresentam **isomeria espacial** (não é abordada na 10.^a classe) e **isomeria de cadeia**, quando os compostos têm a mesma fórmula molecular, mas apresentam cadeias diferentes.

Os alcanos podem ser obtidos na Natureza a partir de fontes como o petróleo, o gás natural e o carvão ou produzidos artificialmente no laboratório através dos processos: **reação de Sabatier-Senderens**, **reação de Wurtz**, **síntese de Kolbe** e **hidrólise de composto de Grignard**.

As propriedades físicas dos alcanos – **pontos de fusão e de ebulição e densidade** – aumentam com o aumento da cadeia carbónica. Quanto ao **estado físico**, de C_1 - C_4 são gasosos, de C_5 - C_{16} são líquidos e de C_{17} em diante são sólidos. São **solúveis** em solventes apolares.

Os alcanos sofrem preferencialmente **reações de substituição** das quais se destacam a **halogenação**, a **nitração** e a **sulfonação**. Sofrem ainda **reações de combustão**.

O **metano** (CH_4) é o representante mais simples da série homóloga dos alcanos. Pode ser obtido a partir de fontes naturais ou alternativas. Sofre reações de substituição e de combustão e é usado como combustível industrial e doméstico, constituindo a matéria-prima na produção de cera de parafina, betume e polímeros sintéticos.

Os **CFC (clorofluorocarbonetos)** são compostos derivados dos alcanos metano e etano, que contêm na sua constituição, para além do(s) átomo(s) de carbono, átomos de flúor e cloro que substituíram os átomos de hidrogénio.

Os **alcenos** são hidrocarbonetos **insaturados**, que apresentam pelo menos uma ligação dupla na cadeia carbónica. A **fórmula geral** da série homóloga dos alcenos é C_nH_{2n} ($n \geq 2$). Os seus nomes terminam com o sufixo **-eno**.

Os alcenos apresentam **isomeria de cadeia**, **isomeria de posição**, quando os compostos apresentam a mesma fórmula molecular mas diferem na posição da ligação dupla, e **isomeria geométrica (cis-trans)**, quando os átomos de carbono envolvidos na ligação dupla estão ligados a dois substituintes diferentes; o isómero designa-se por **cis** quando os substituintes de maior massa se situam do mesmo lado da molécula e de **trans** quando os substituintes de maior massa não se situam do mesmo lado da molécula.

Os alcenos são pouco frequentes na Natureza e podem ser obtidos a partir do **craqueamento do petróleo**, da **destilação seca da hulha**, da **desidrogenação do etano** ou da **desidratação do álcool etílico**.

As propriedades físicas dos alcenos – **pontos de fusão e de ebulição e densidade** – aumentam com o aumento da cadeia carbónica. Quanto ao **estado físico**, de C_2 - C_4 são gasosos, de C_5 - C_{15} são líquidos e de C_{16} em diante são sólidos. São **solúveis** em solventes apolares.

As **reações de adição** são características nos alcenos: a **hidrogenação**, a **halogenação** e a **hidratação**. Também sofrem **reações de combustão**.

O **eteno** ou **etileno** (C_2H_4) é o representante mais simples da série homóloga dos alcenos. É pouco frequente na Natureza e sofre, para além das reações características dos alcenos, **reações de polimerização** formando o polietileno. A sua grande importância reside principalmente no facto de ser o reagente para a produção do polietileno, que é um dos plásticos mais importantes da indústria química.

Os **alcinos** são hidrocarbonetos **insaturados** que apresentam pelo menos uma ligação tripla na cadeia carbónica. A **fórmula geral** da série homóloga dos alcinos é C_nH_{2n-2} ($n \geq 2$). Os seus nomes terminam com o sufixo **-ino**.

Os alcinos apresentam **isomeria de cadeia** e **isomeria de posição** da ligação tripla. Os alcinos são pouco frequentes na Natureza e podem ser obtidos laboratorialmente a partir de **reações de eliminação: desidratação de álcoois, desalogenação de haloalcanos e desidrogenação catalítica de alcanos**.

Os alcinos apresentam **pontos de fusão e de ebulição** que aumentam com o aumento da cadeia carbónica, são **insolúveis** em água mas **solúveis** em solventes orgânicos (apolares). Quanto ao **estado físico**, de C_2-C_4 são gasosos, de C_5-C_{14} são líquidos e superiores a C_{14} são sólidos.

As **reações de adição** são características nos alcinos: a **halogenação** e a **hidrogenação**. Também sofrem **reações de combustão**.

O **etino** ou **acetileno (C_2H_2)** é o representante mais simples da série homóloga dos alcinos. É pouco frequente na Natureza, contudo, pode ser obtido industrialmente, a partir de calcário e carvão (hulha), e formando vinilacetileno e benzeno.

A sua grande importância reside principalmente no facto de ser o reagente para a produção de plásticos, como o PVC (policloreto de vinilo) e o PVA (acetato de polivinilo). É ainda usado nos maçaricos oxidacéticos devido às elevadas temperaturas que pode suportar.

O **petróleo** e o **gás natural** são recursos fósseis não renováveis.

O **petróleo bruto** é um líquido oleoso, cuja coloração varia entre o cinzento-escuro e o negro. É encontrado sobretudo em jazigos subterrâneos e é formado por uma mistura de hidrocarbonetos líquidos, que se encontram em diferentes proporções, dependendo da origem da mistura. Além destes, contém ainda uma pequena quantidade de compostos inorgânicos, como o enxofre, o nitrogénio, o oxigénio e metais.

A extracção do petróleo pode ser feita **onshore (em terra)** ou **offshore (no mar)**.

Os **derivados do petróleo bruto** são obtidos a partir da **destilação fraccionada** sendo os seguintes: gases combustíveis (metano, etano, propano e butano), éter de petróleo ou nafta, gasolina, querosene, **diesel** (gasóleo), óleos lubrificantes, parafina, asfalto e alcatrão. Cada derivado tem as respectivas aplicações.

A exploração do petróleo, apesar de trazer benefícios económicos, tem sido motivo para desavenças entre nações e factor de poluição do meio ambiente, decorrente de desastres ecológicos relacionados com a sua extracção e transporte bem como da reacção ambiental aos seus subprodutos.

A **parafina** é um derivado do petróleo que tem inúmeras aplicações no nosso dia-a-dia, uma vez que é a partir desta que se produzem produtos como as **velas**, as **ceras**, as **graxas** e a **vaselina**.

O **gás natural** encontra-se em depósitos subterrâneos isolados ou sobre o petróleo bruto e forma-se a partir da decomposição de matéria orgânica, zooplâncton e algas soterrados há milhões de anos.

O principal componente do gás natural é o **metano**, encontrando-se também quantidades consideráveis de outros gases como **etano**, **propano** e **butano**. Actualmente, o gás natural tem sido utilizado como combustível alternativo, em substituição dos combustíveis derivados do petróleo bruto, por ser uma fonte de energia que polui menos que os restantes combustíveis fósseis.

Os **hidrocarbonetos aromáticos** são aqueles que apresentam, na sua estrutura, um ou mais anéis benzénicos. A **fórmula geral** da série homóloga dos hidrocarbonetos aromáticos monocíclicos é C_nH_{2n-6} ($n \geq 6$).

O **benzeno** é o representante dos compostos aromáticos e tem uma estrutura particular designando-se por híbrido de ressonância. É usado como solvente orgânico e constitui matéria-prima na produção de insecticidas, herbicidas, detergentes, explosivos, tintas, corantes, medicamentos e fungicidas.

O benzeno sofre **reações de substituição**, tais como a **halogenação**, a **nitração**, a **sulfonação** e a **alquilação**, **reações de adição** e **reações de combustão**.

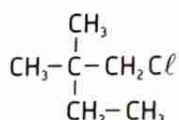
Industrialmente, o benzeno é obtido a partir da destilação fraccionada do alcatrão e da hulha proveniente do carvão. Pode ser preparado por desidrogenação catalítica do hexano – **reforming catalítico**.

Por **hidrogenação catalítica** é possível converter um alcino num alceno e este último num alceno. De igual modo, através da **desidrogenação catalítica**, é possível converter um alceno num alceno e este último num alcino.

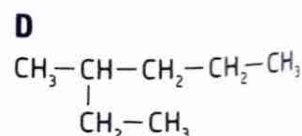
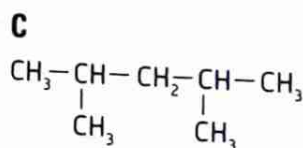
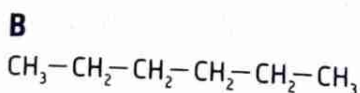
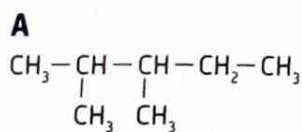
Actividades

- O que são hidrocarbonetos?
- O que é uma série homóloga?
- O que são grupos funcionais?
- O que são isómeros?
- Desenha todos os isómeros de cadeia que são possíveis para as seguintes fórmulas moleculares: C_4H_{10} e C_7H_{16} .
- Porque é que os alcanos são pouco reactivos?
- Por que razão os compostos isoméricos apresentam propriedades diferentes?
- É possível escreverem-se cinco estruturas distintas que correspondem à fórmula molecular C_6H_{14} . Formula as estruturas dos cinco compostos e nomeia-os de acordo com as normas da IUPAC.
- Um aluno nomeou incorrectamente a estrutura abaixo indicada utilizando o nome: 1-cloro-2-etil-2-metilpropano

Indica porque é que o nome está incorrecto, corrigindo-o.



- Os nomes que se seguem estão escritos de forma incorrecta. Para cada um deles diz o porquê de estarem incorrectos e reescreve-os correctamente.
 - 2-Metil-3-etilbutano
 - 4-Metilpentano
 - 3-5-5-Dimetilhexano
- Escreve as fórmulas estruturais para os seguintes alcanos.
 - 2-Metilbutano
 - 2,2,4-Trimetil-hexano
- Dos compostos abaixo representados selecciona a opção que indica o(s) isómero(s) do alcano A.
 - B e C
 - C e D
 - D
 - Nenhum



- Escreve a equação da reacção entre uma molécula de metilpropano e outra de bromo.
- Escreve a equação da reacção de obtenção do etano a partir do etino.
- Descreve as ligações químicas que ocorrem nos alcanos.

16. Escreve a equação da reacção de combustão dos seguintes alcanos.
- Metano
 - Propano
 - Butano
17. Escreve a equação da reacção de combustão incompleta do metano com formação de monóxido de carbono.
18. Escreve a equação da reacção de combustão incompleta do metano com formação de fuligem.
19. Selecciona as substâncias que representam alcanos.
- Cera das abelhas
 - Polietileno
 - Gasolina
 - Diesel
 - Fréons
 - Cera da parafina
 - Álcool etílico
20. Demonstra, utilizando equações químicas apropriadas, a nocividade dos fréons em relação à camada de ozono da atmosfera do nosso planeta.
21. Calcula a massa de dióxido de carbono que se forma na atmosfera pela combustão completa de 1 m^3 de metano.
22. Calcula a relação de volumes em que o metano reage completamente com o oxigénio.
23. Como poderia provar que o metano pode ser obtido a partir do lixo?
24. Quais são as medidas de segurança a ter em conta quando se trabalha com gases como o metano, o propano e o butano? Justifica a tua resposta.
25. Calcula o volume de gás propano contido numa botija de 10 kg do gás sob condições normais de pressão e temperatura.
26. Que quantidade de dióxido de carbono é expelida para a atmosfera se uma família consumir por mês duas botijas de 10 kg de gás propano?
27. Explica sucintamente por que razão a queima de carvão mineral polui mais o ambiente do que a queima de gás propano.
28. Qual é o significado das seguintes siglas.
- GPL
 - CFC
29. Explica sucintamente como é que os CFC prejudicam o meio ambiente.
30. Por que razão a reacção característica dos alcenos é a adição?
31. Define o conceito de reacção de adição.
32. Ao escrever a equação da reacção entre o pent-1-eno e o brometo de hidrogénio o João e o António, ambos alunos da 10.ª classe, obtiveram produtos diferentes. Enquanto o João obteve como produto da reacção o composto 1-cloropentano, o António obteve o 2-cloropentano.
Qual dos alunos obteve o produto correcto?
33. Explica por que razão a reacção de polimerização é uma reacção de adição.
34. Escreve a equação da reacção entre o propeno e o cloro e nomeia o produto da reacção.

35. Relaciona as seguintes reacções dos alcenos: hidrogenação, cloração, bromação e hidratação.
36. Desenha a fórmula de estrutura correspondente a cada um dos seguintes alcenos.
- Eteno
 - 4,4-Dimetilpent-2-eno
 - Hex-3-eno
 - 2-Metilpent-2-eno
 - Hex-1-eno
37. Quais dos compostos na questão 36. são isómeros de cadeia, quais são isómeros de posição e quais são isómeros geométricos *cis-trans*?
Indica as fórmulas de estrutura dos isómeros *cis-trans*.
38. Explica sucintamente as diferenças entre alcanos e alcenos.
39. Selecciona as afirmações incorrectas.
- As regras de nomenclatura dos alcanos e alcenos são as mesmas.
 - Os alcanos são hidrocarbonetos insaturados, acíclicos e lineares.
 - Os isómeros de posição apresentam a ligação dupla nos átomos de carbono com a mesma posição.
 - Os alcenos são hidrocarbonetos insaturados, acíclicos, com uma ligação dupla entre átomos de carbono.
40. Escreve as fórmulas moleculares e estruturais dos seguintes compostos.
Etileno, propeno, but-1-eno, 2,2-dimetiloct-3-eno
41. Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.
A adição de brometo de hidrogénio (HBr) ao 3,4-dimetilpent-2-eno forma...
- ... 2-bromo-4-metil-hexano.
 - ... 2-bromo-3-etilpentano.
 - ... 3-bromo-2,3-dimetilpentano.
 - ... 3-bromo-3-metil-hexano.
 - ... 2-bromo-3,4-dimetilpentano.
42. Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.
Fazendo reagir pent-2-eno com brometo de hidrogénio (HBr) obtemos...
- ... somente 2-bromopentano.
 - ... somente 3-bromopentano.
 - ... uma mistura de 2-bromopentano e 3-bromopentano.
 - ... 2,3-dibromopentano.
43. Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.
A equação que melhor representa a reacção do propeno com o brometo de hidrogénio (HBr) é...
- ... $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$.
 - ... $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{Br}$.
 - ... $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3 + 2 \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{Br}_2$.
 - ... $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3 + 2 \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CHBr}-\text{CH}_3 + \text{H}_2$.
44. Escreve as fórmulas moleculares e de estrutura das seguintes substâncias.
Pent-2-ino, 4-metilpent-2-ino, 2-metil-hex-3-ino

45. Selecciona a(s) opção(ões) correcta(s).
- (A) Os alcinos apresentam a fórmula geral C_nH_{2n+2} .
 - (B) Os alcinos apresentam ligação tripla na cadeia carbónica.
 - (C) Os alcinos são designados de parafinas.
 - (D) Entre os átomos de carbono dos alcinos formam-se quatro ligações covalentes.
46. Indica as razões pelas quais se deve trabalhar cautelosamente com o acetileno (etino).
47. Compara a fórmula molecular e de estrutura bem como o estado de agregação, a cor e a combustibilidade do etano, do eteno e do etino.
48. Esclarece os seguintes conceitos.
- i) Ligação simples.
 - ii) Ligação dupla.
 - iii) Ligação tripla.
49. Entre alcenos e alcinos existe uma enorme semelhança química. Comenta de forma esclarecedora o sentido desta afirmação.
50. Dadas as afirmações seguintes, selecciona somente as correctas.
- (A) O acetileno faz parte dos compostos que apresentam como fórmula geral C_nH_{2n-2} .
 - (B) O acetileno pode ser obtido por hidrogenação catalítica do eteno.
 - (C) O acetileno é um gás menos reactivo que o metano.
 - (D) O acetileno é obtido em laboratório pela reacção do carboneto de cálcio com a água.
51. Escreve a equação da reacção de obtenção do etino no laboratório.
52. Escreve a equação da reacção do but-1-ino com o brometo de hidrogénio.
53. A partir da fórmula molecular C_4H_6 , representa dois isómeros de cadeia e nomeia-os.
54. Calcula a massa, em toneladas, de carboneto de cálcio necessária para produzir 10 toneladas de acetileno.
55. Desenvolve as equações químicas para a obtenção do etano a partir de carboneto de cálcio e água.
56. Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.
- O gás de cozinha usado em Moçambique é...
- (A) ... o metano.
 - (B) ... o etileno.
 - (C) ... o acetileno.
 - (D) ... o propano.
57. Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.
- Entre as seguintes substâncias, a única que não é directamente obtida na indústria do petróleo bruto é...
- (A) ... a gasolina.
 - (B) ... a parafina.
 - (C) ... o etanol.
 - (D) ... o alcatrão.
58. A partir do *cracking* do butano, a $600\text{ }^\circ\text{C}$, obtém-se o eteno e o hidrogénio.
- a) Escreve a equação da reacção do *cracking* do butano.
 - b) Qual é a massa (em gramas) do eteno obtido a partir do *cracking* de 50 g de butano?

59. Que fenómeno (físico ou químico) ocorre quando se goteja água sobre o carboneto de cálcio? Justifica a tua resposta.
60. Porque se pode recolher o metano e o acetileno numa tina ou bacia cheia de água?
61. Faz uma pesquisa e diz o que é o gás fulminante ou detonante? Dá exemplos.
62. Elabora um pequeno texto de 20 linhas relacionado com as seguintes questões:
- Por que razão, hoje em dia, existe necessidade de procurar novas fontes de energia que substituam o petróleo?
 - Quais são as medidas que podem ser adoptadas para se evitar o aumento do custo dos combustíveis no nosso país?
 - Quais são os dois principais componentes do gás de cozinha e do petróleo de iluminação?
63. Qual é a principal característica dos compostos aromáticos?
64. O que é a ressonância numa estrutura molecular? Dá um exemplo concreto.
65. Porque se deve ter muito cuidado com os vapores do benzeno?
66. Das seguintes afirmações, assinala as verdadeiras com V e as falsas com F.
- (A) Os compostos aromáticos são hidrocarbonetos que apresentam na sua estrutura um ou mais anéis benzénicos.
- (B) O benzeno e o ciclo-hexano são isómeros porque apresentam na sua estrutura seis átomos de carbono.
- (C) Substâncias aromáticas são todas aquelas substâncias que cheiram bem.
- (D) A naftalina e o naftaleno são isómeros de fórmula molecular $C_{10}H_8$.
67. Explica a diferença entre os hidrocarbonetos alifáticos e os hidrocarbonetos aromáticos.
68. Faz uma pesquisa e apresenta um texto de 10 linhas sobre a necessidade de aplicação do DDT no combate ao mosquito vector do plasmódio, causador da malária.
69. Representa as fórmulas de estrutura dos seguintes compostos.
- a) 1,3,5-Trimetilbenzeno
 - b) *p*-Xileno
 - c) *m*-Xileno
 - d) *o*-Xileno
70. Quais são os principais derivados do benzeno?
71. Indica o nome comercial pelo qual o naftaleno é conhecido e qual a aplicação principal deste derivado do benzeno.
72. Qual é o tipo de reacção comum aos hidrocarbonetos insaturados?
- (A) Adição
- (B) Substituição
- (C) Eliminação
- Selecciona a opção correcta.
73. Completa as seguintes reacções.
- (A) $C_2H_2 + H_2 \xrightarrow{Cat.}$
- (B) $C_2H_6 \xrightarrow{Cat.}$
- (C) $C_2H_4 + H_2 \xrightarrow{Cat.}$
- (D) $C_2H_4 \xrightarrow{Cat.}$
74. Das reacções indicadas na questão 73, indica as que são de adição e as que são de eliminação.

▶ EXPERIÊNCIA 1

ALCANOS – HALOGENAÇÃO DO *n*-OCTANO OU DO ISO-OCTANO

MATERIAIS:

- Tubos de ensaio (2)
- Placa de aquecimento
- Gobelé de 250 cm³
- Termómetro

REAGENTES:

- *n*-Octano ou 2,2,4-trimetilpentano (iso-octano)
- Solução de bromo a 1% em tetracloreto de carbono
- Água

PROCEDIMENTO:

1. Colocar nos 2 tubos de ensaio cerca de 10 mL de *n*-octano (ou iso-octano).
2. Adicionar 2 mL de solução de bromo aos dois tubos de ensaio.
3. Colocar o tubo de ensaio 1 no gobelé contendo água a 60 °C. O tubo de ensaio 2 serve de referência para comparação.
4. Observar, registrar as observações e tirar as devidas conclusões.

RESPONDE À SEGUINTE QUESTÃO:

- Escreve a equação da reacção e classifica-a.

▶ EXPERIÊNCIA 2

ALCANOS – OBTENÇÃO DO METANO

MATERIAIS:

- Tubo de ensaio com uma abertura lateral de 90°
- Tina hidropneumática ou bacia pequena
- Lamparina de álcool
- Fósforos
- Tubos de ensaio (3)
- Rolha perfurada adequada ao tubo de ensaio
- Tubo de vidro curvo ou mangueira de borracha

REAGENTES:

- Cal sodada (mistura de 1 g de NaOH e 1 g de CaO)
- Acetato de sódio
- Água

PROCEDIMENTO:

1. Introduzir 2 g de cal sodada e 2 g de acetato de sódio no tubo de ensaio com abertura lateral de 90°.
2. Acoplar à abertura lateral um tubo de vidro ou uma mangueira de borracha, que vá desembocar na tina hidropneumática com água.
3. Aquecer o tubo de forma gradual com a lamparina de álcool.
4. Com os 3 tubos de ensaio normais, recolher hidropneumaticamente o gás produzido.

5. Fazer os testes de gás fulminante e de combustibilidade.
6. Anotar as observações.
7. Tirar as devidas conclusões.

RESPONDE À SEGUINTE QUESTÃO:

- Escreve a equação da reacção e classifica-a.

▶ EXPERIÊNCIA 3**ALCENOS – ETENO****MATERIAIS:**

- Tubos de ensaio com abertura lateral de 90° (2)
- Tubo de reacção
- Mangueira de borracha
- Lamparinas de álcool (2)
- Adaptador
- Algodão de vidro
- Tubos de vidro na forma de L (2)
- Rolha de borracha ou cortiça

REAGENTES:

- Óxido de alumínio
- Água de bromo
- Pedra fina e areia da praia limpa
- Água destilada

PROCEDIMENTO:

1. Colocar no tubo de ensaio com abertura lateral de 90° cerca de 10 mL de areia embebida em etanol e no tubo de reacção uma mistura de pedra fina e óxido de alumínio. Tapar as saídas dos dois tubos com algodão de vidro.
2. Acoplar o tubo de ensaio ao tubo de reacção e este último ao tubo de vidro em L.
3. Acoplar o tubo de vidro em L ao tubo de ensaio contendo água de bromo de modo que o tubo penetre até 2/3 da solução de água de bromo.
4. Finalmente acoplar pela abertura lateral do outro tubo de ensaio o outro tubo em L que irá desembocar na tina hidropneumática, onde estão contidos água e 3 tubos de ensaio cheios de água.
5. Aquecer ininterruptamente o tubo de reacção onde se encontra o catalisador Al_2O_3 até à sua incandescência.
6. De seguida, aquecer suavemente o tubo de ensaio contendo areia embebida em etanol.
7. Enquanto a reacção estiver a decorrer, recolher hidropneumaticamente o gás que se liberta usando os tubos de ensaio e registar todas as observações.
8. Tirar as devidas conclusões.

RESPONDE À SEGUINTE QUESTÃO:

- Escreve as equações das reacções que decorrem na experiência e explica-as sucintamente.

Nota: Atenção! Para evitar que ocorra retorno retirar primeiro o sistema de água no fim da experiência.

▶ EXPERIÊNCIA 4**ALCINOS – ETINO (ACETILENO)****MATERIAIS:**

- Tubo de ensaio com abertura lateral de 90°
- Adaptador
- Conta-gotas de ponta fina
- Seringa
- Mangueira de borracha
- Fósforos

REAGENTES:

- Carboneto de cálcio
- Vela
- Água destilada

PROCEDIMENTO:

1. Acoplar uma seringa contendo cerca de 5 mL de água destilada ao tubo de ensaio contendo carboneto de cálcio pela abertura superior.
2. Acoplar o conta-gotas de ponta fina à tubuladura lateral.
3. Acender a vela a cerca de 6 cm de distância em frente ao aparelho de produção de acetileno.
4. Deixar gotejar a água sobre o carboneto de cálcio e direccionar a ponta fina do conta-gotas no sentido da chama da vela acesa.
5. Registrar as observações e tirar as devidas conclusões.

RESPONDE À SEGUINTE QUESTÃO:

- Escreve todas as equações das reacções envolvidas nesta experiência.

Nota: Atenção! O carboneto de cálcio decompõe-se com violenta explosão quando submetido a uma pequena compressão.

▶ EXPERIÊNCIA 5**PROPRIEDADES DO BENZENO****MATERIAIS:**

- Cadinho de porcelana
- Tubos de ensaio (5)
- Conta-gotas (6)

REAGENTES:

- Benzeno
- Naftalina
- Gordura
- Etanol 95%
- Benzina
- Água destilada

5A) Combustibilidade do benzeno**PROCEDIMENTO:**

1. Colocar duas gotas de benzeno num cadinho de porcelana e com uma lasca acesa incendiá-lo.
2. Observar atentamente e registar as observações.

5B) O benzeno como solvente para substâncias orgânicas**PROCEDIMENTO:**

1. Misturar em cada tubo de ensaio com benzeno cada uma das seguintes substâncias: etanol 95%, benzina, naftalina, gordura e água destilada.
2. Agitar e verificar a solubilidade de cada uma das substâncias.
3. Anotar as observações e tirar as devidas conclusões.

4

ÁLCOOIS E FENÓIS

Vou aprender

- A definir e classificar álcoois e fenóis
- A representar as fórmulas gerais das séries homólogas, os grupos funcionais e as fórmulas moleculares e de estrutura dos álcoois e fenóis
- A nomear álcoois e fenóis tendo em conta as diferentes formas de nomenclatura (IUPAC e usual)
- A indicar os principais métodos de obtenção dos álcoois e a forma como se escrevem as respectivas equações químicas
- A caracterizar as propriedades físicas e químicas dos álcoois
- A representar os isómeros dos álcoois
- A identificar quais os efeitos do álcool no organismo humano e respectivos reflexos não só para a sua saúde, mas também para a sua vida social e económica
- A identificar as bebidas alcoólicas
- A explicar as ligações por pontes de hidrogénio existentes nos álcoois
- A indicar quais as propriedades e aplicações de alguns álcoois e fenóis
- A produzir álcool em laboratório e a testar as suas propriedades

1. Introdução

O oxigénio, como já aprendeste, embora não seja o mais abundante, é o componente mais conhecido da mistura gasosa que envolve a Terra – o ar atmosférico. É um elemento muito importante para a respiração e, conseqüentemente, para a manutenção das nossas vidas. Todavia, nos sistemas vivos, o papel do oxigénio resulta da forma como ele se encontra ligado aos outros átomos para constituir as mais diversas moléculas.

Ao estudarmos as substâncias inorgânicas demos especial destaque à água que é uma substância muito importante formada por oxigénio e ainda por hidrogénio. Também nos debruçámos sobre o estudo dos óxidos, dos ácidos, das bases e dos sais que contêm oxigénio na sua estrutura.

Combinado com o carbono, o oxigénio, além de formar algumas substâncias inorgânicas, forma também uma série de famílias importantes de compostos orgânicos, alguns dos quais iremos abordar nas unidades que se seguem. Entre as famílias de compostos orgânicos que contêm oxigénio na sua estrutura encontram-se os álcoois, os fenóis, os éteres, os aldeídos, as cetonas, os ácidos carboxílicos, os ésteres e as amidas.

Adicionalmente, o oxigénio também é constituinte da glicose e da sacarose e muitos outros açúcares, bem como de moléculas enormes designadas por macromoléculas, das quais se salientam os hidratos de carbono, como o amido e a celulose, muitas gorduras e proteínas, entre outros compostos.

Nesta unidade iremos abordar somente os álcoois e os fenóis.

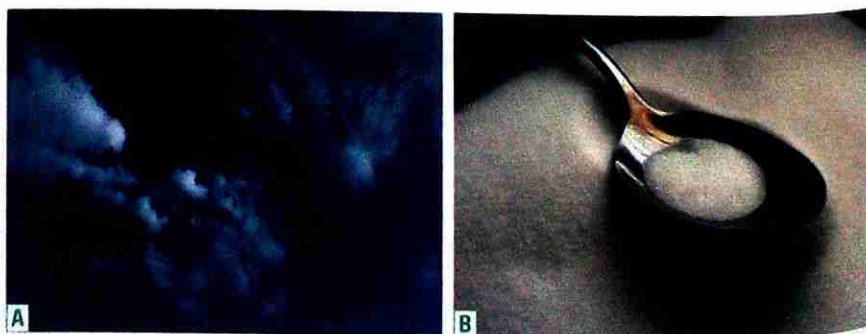


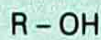
Fig. 1 – O oxigénio, para além de ser o segundo maior componente do ar atmosférico (A), faz também parte da constituição de muitos compostos orgânicos como a sacarose (B).

2. Álcoois

2.1. Definição, fórmula geral e série homóloga dos álcoois

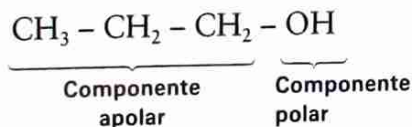
Os álcoois são compostos orgânicos oxigenados caracterizados por possuírem um ou mais **grupos hidroxilo** ($-\text{OH}$), ligados a átomos de carbono saturados, isto é, átomos de carbono com ligações simples.

A sua fórmula geral é:



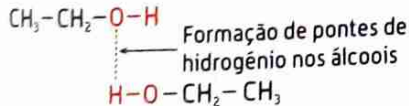
onde **R** é o radical derivado do hidrocarboneto alifático e $-\text{OH}$ é o grupo funcional.

Enquanto o radical **R** é apolar, o grupo $-\text{OH}$ é polar. Os álcoois podem ser vistos como os análogos orgânicos da água, nos quais um átomo de hidrogénio é substituído por um radical alquilo. Por isso, os álcoois apresentam algumas propriedades similares às da água e outras similares às dos hidrocarbonetos.



Devido a presença do grupo polar $-\text{OH}$ e do radical apolar **R**, os álcoois dissolvem-se bem tanto em substâncias polares como nas apolares.

Por outro lado, a polaridade da ligação $\text{O}-\text{H}$ permite a formação de ligações intermoleculares por pontes de hidrogénio. No caso dos álcoois, tal como acontece com a água, as pontes de hidrogénio estabelecem-se entre o hidrogénio de uma molécula e um átomo de oxigénio de outra molécula, causando uma agregação de moléculas. Em solução aquosa, os álcoois também formam pontes de hidrogénio com a água.



A formação de pontes de hidrogénio nos álcoois não explica somente a sua elevada solubilidade em água como também pode esclarecer os pontos de ebulição relativamente altos dos álcoois em relação aos de outros compostos orgânicos que possuem massas moleculares comparáveis. Este tipo de ligações intermoleculares são as mais intensas e de natureza electrostática.

Por exemplo, enquanto o etanol (álcool), cuja massa molecular é 46 g, entra em ebulição a 78°C , o propano (hidrocarboneto saturado), cuja massa molecular é 46 g, entra em ebulição a -42°C .

Esta diferença drástica nos pontos de ebulição deve-se à existência de ligações por pontes de hidrogénio no etanol, enquanto no propano ocorrem forças de dispersão de London, que são de fraca intensidade e aumentam com o aumento da cadeia carbónica.

Os álcoois são compostos muito estáveis, pois possuem ligações intermoleculares por pontes de hidrogénio, que são de natureza electrostática e muito fortes.

2.2. Nomenclatura e classificação dos álcoois

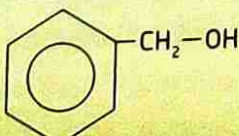
► Nomenclatura dos álcoois

A nomenclatura dos álcoois pode ser feita de várias maneiras. Usa-se, no entanto, mais frequentemente a nomenclatura IUPAC e, por vezes, a nomenclatura usual.

Nomenclatura usual

Os álcoois com baixa massa molecular têm normalmente nomes comuns (usuais). Tais nomes consistem na combinação entre o termo álcool e o nome do radical alquilo.

A tabela que se segue mostra alguns exemplos.

FÓRMULA	NOME
$\text{CH}_3\text{-OH}$	Álcool metílico
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$	Álcool etílico
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH-CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Álcool isopropílico
	Álcool benzílico

Nome usual = termo álcool + nome do radical alquilo + terminação -ico

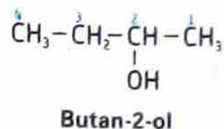
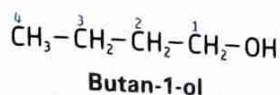
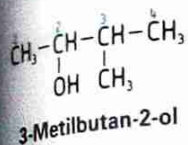
Nomenclatura IUPAC

Para denominar um álcool segundo as regras da IUPAC, deve-se:

- identificar a cadeia carbónica mais longa que contém o grupo hidroxilo;
- atribuir o nome do hidrocarboneto correspondente e substituir a letra -o do final pela terminação -ol;

- numerar a cadeia carbónica principal de modo que o grupo -OH se encontre ligado ao carbono de menor número possível; indicar essa numeração no nome, antes da terminação -ol. Se existir mais do que um grupo -OH indicar a numeração de cada um e usar as terminações -diol, -triol, ...;
- identificar e escrever antes do nome da cadeia principal os outros substituintes presentes na molécula; indicar, por meio de números, as posições que os mesmos ocupam na cadeia.

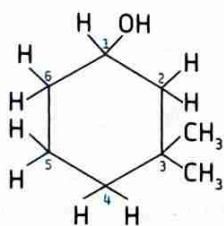
Exemplos:



Assim, por exemplo, o nome butan-1-ol indica um grupo hidroxilo ligado ao carbono 1 do butano, enquanto butan-2-ol indica um grupo hidroxilo ligado ao carbono 2 da cadeia.

Nos álcoois cíclicos a numeração da cadeia inicia-se no átomo de carbono ao qual se liga o grupo hidroxilo.

Exemplo:

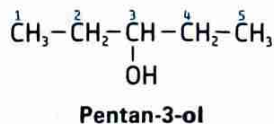
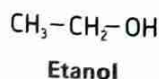


3,3-Dimetilciclo-hexanol

Em certos casos, dependendo da quantidade de grupos hidroxilo, o álcool pode ser designado com base nos sufixos -ol, -diol, -triol, ...

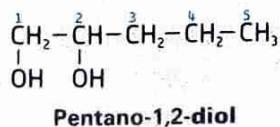
Terminação -ol – quando a cadeia carbónica possui apenas um grupo hidroxilo.

Exemplos:



Terminação -diol – quando existem dois grupos hidroxilo na cadeia carbónica.

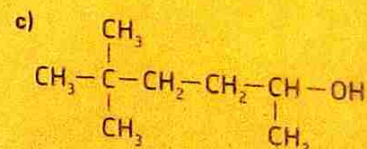
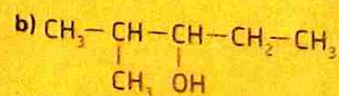
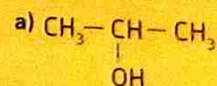
Exemplo:

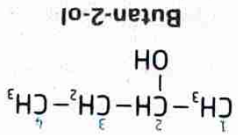


Actividades

1. Qual é o grupo funcional dos álcoois? Indica a sua fórmula geral.

2. Nomeia os seguintes álcoois segundo a IUPAC.

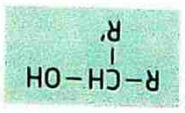




Exemplo:

netos.

Na fórmula geral, R e R' representam radicais de hidrocarbono-



Os álcoois secundários têm o grupo hidroxilo ligado a um carbono secundário. A fórmula geral dos álcoois secundários é:

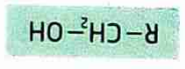
• Álcoois secundários



Exemplos:

neto.

Na fórmula geral, R representa um radical de um hidrocarbono-



Os álcoois primários têm o grupo hidroxilo ligado a um carbono primário. A fórmula geral dos álcoois primários é:

• Álcoois primários

Neste caso os álcoois podem ser primários, secundários ou terciários.

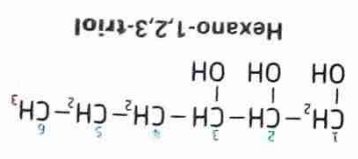
encontra ligado

A) De acordo com o tipo de carbono ao qual o grupo hidroxilo se

Os álcoois podem ser classificados segundo vários critérios. Porém, os mais comuns são:

► **Classificação dos álcoois**

A nomenclatura IUPAC é baseada na dos hidrocarbonetos dos quais derivam os álcoois.



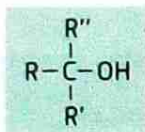
Exemplo:

hidroxilo.

Terminação -triol - quando a cadeia carbônica possui três grupos

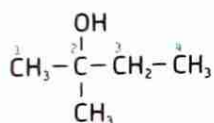
• Álcoois terciários

Os álcoois terciários têm o grupo hidroxilo ligado a um carbono terciário. A fórmula geral dos álcoois terciários é:



Na fórmula geral, R, R' e R'' representam radicais de hidrocarbonetos.

Exemplo:

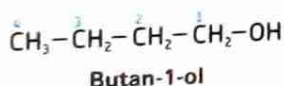


2-Metilbutan-2-ol

B) De acordo com o número de grupos hidroxilo presentes

• Monoálcool ou monol – quando apresenta um grupo hidroxilo.

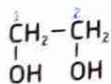
Exemplo:



Butan-1-ol

• Diálcool, diol ou glicol – quando apresenta dois grupos hidroxilo.

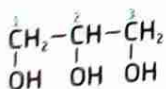
Exemplo:



Etano-1,2-diol ou etilenoglicol

• Triálcool ou triol – quando apresenta três grupos hidroxilo.

Exemplo:



Propano-1,2,3-triol, glicerol ou glicerina

Atividades

1. Distingue álcool primário, de álcool secundário e de álcool terciário.
2. De acordo com o número de grupos -OH os álcoois podem ser classificados em monoálcool, diálcool, triálcool, ... Com base nesta classificação, define poliálcool.
3. Qual é o número de grupos CH₃- (metilo) existentes na molécula de um álcool terciário que possui nove átomos de carbono, dos quais seis são primários?

Poliálcool ou poliol é todo o álcool que possui mais do que um grupo hidroxilo na molécula.

2.3. Obtenção dos álcoois

Normalmente, os álcoois não ocorrem livres na Natureza. No entanto, podem ser obtidos a partir de ésteres que são muito abundantes, tanto no reino vegetal como no reino animal. Além disso, industrialmente, o etanol é obtido em grande escala por processos de fermentação de açúcares.

Apesar de existirem vários métodos para a obtenção dos álcoois, alguns dos mais comuns são:

- fermentação alcoólica;
- hidratação de alcenos;
- reacção de haletos orgânicos com bases fortes;
- redução de aldeídos e cetonas;
- hidrólise de ésteres.

► Fermentação alcoólica

Reza a história que o vinho só pode ser obtido através do processo de fermentação alcoólica.

Nesse processo, o açúcar, contido em produtos que possuem hidratos de carbono na sua composição, como o milho, o trigo, a cevada, o arroz, as uvas, entre outros, sob acção de fermentos, é transformado em etanol e dióxido de carbono.



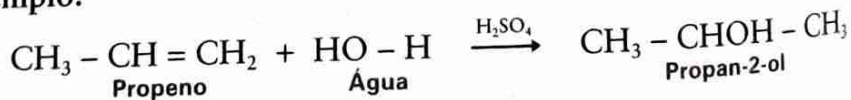
Fig. 2 – Para produzir etanol é necessária a fermentação de açúcar, que pode estar presente em hidratos de carbono como: (A) o milho, (B) o trigo, (C) o arroz, (D) as uvas, entre outros.

Exemplo:



► Hidratação de alcenos (reacção com a água)

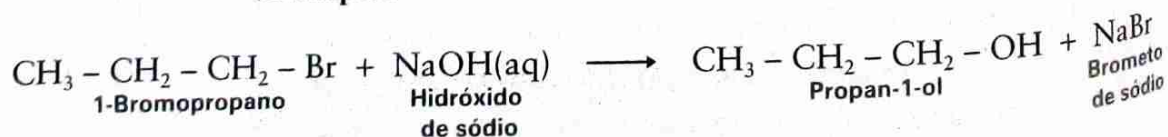
Exemplo:



Nota: Obedece à regra de Markovnikov; o grupo hidroxilo liga-se ao carbono menos hidrogenado.

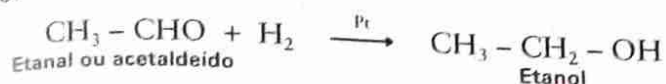
► Reacção de haletos orgânicos com bases fortes

Exemplo:

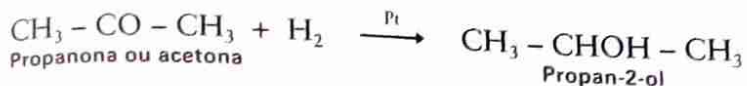


► Redução de aldeídos e cetonas

Exemplo:



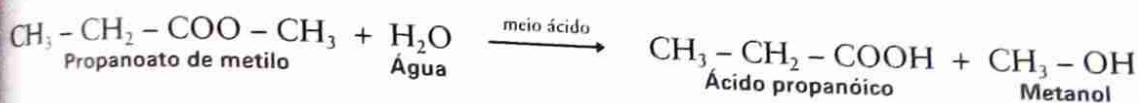
A redução de aldeídos origina álcoois primários.



A redução de cetonas origina álcoois secundários.

► Hidrólise de ésteres

Exemplo:



Uma vez que os ésteres ocorrem com frequência na Natureza, esta reacção é muito importante, pois constituem matéria-prima fácil para a produção de álcoois.

24. Propriedades físicas e químicas dos álcoois

► Propriedades físicas

Os álcoois mais simples são líquidos incolores, voláteis e de cheiro característico. São solúveis em água e apresentam temperaturas de ebulição superiores às de outros compostos orgânicos de massas moleculares semelhantes. Como já foi mencionado anteriormente, estes dois últimos comportamentos devem-se à capacidade que os álcoois têm de estabelecer ligações intermoleculares por pontes de hidrogénio.

À medida que aumenta a cadeia carbónica, os monoálcoois saturados tornam-se líquidos viscosos e cada vez menos solúveis em água e mais solúveis em solventes orgânicos. Isto explica-se pelo facto de o efeito da polarização do grupo hidroxilo (-OH) se tornar menos expressivo em comparação com o efeito do aumento da cadeia carbónica (R).

Assim, à medida que a cadeia carbónica aumenta, a solubilidade dos álcoois em água vai diminuindo, passando de infinita a reduzida ou até mesmo ausente (insolúvel) nos álcoois com cadeias carbónicas superiores.

Acima de $C_{12}H_{25}OH$, são sólidos semelhantes à parafina. Com o aumento da massa molecular aumenta também a densidade dos álcoois. Em contrapartida, os poliálcoois, como a glicerina e a glicose, devido à grande influência dos vários grupos $-OH$, são polares e solúveis em água.

Na tabela que se segue apresentam-se, de forma comparativa, os valores de solubilidade em água de alguns álcoois e dos alcanos correspondentes e os respectivos pontos de ebulição.

NOME DA SUBSTÂNCIA	SOLUBILIDADE EM ÁGUA (g de soluto/100 g de água)	PONTO DE EBULIÇÃO (°C)
Metano	Insolúvel	- 161,7
Metanol	Infinita	64,8
Etano	Insolúvel	- 88,6
Etanol	Infinita	78,5
Propano	Insolúvel	- 42,1
Propan-1-ol	Infinita	97,4
<i>n</i> -Pentano	Insolúvel	36,1
Pentan-1-ol	2,7	138,1
<i>n</i> -Hexano	Insolúvel	69,2
Hexan-1-ol	0,6	157,2

► Propriedades químicas

Devido à polaridade do grupo funcional $-OH$ e à elevada electronegatividade do oxigénio, que aumenta a densidade electrónica na região do grupo hidroxilo, essa parte da molécula é a mais reactiva nos álcoois. Assim, os álcoois reagem tanto como ácidos, perdendo o hidrogénio do grupo hidroxilo, bem como bases, perdendo o grupo hidroxilo.

A seguir apresentam-se as principais reacções dos álcoois.

Reacções de substituição do hidrogénio do grupo hidroxilo

Apesar de terem carácter ácido muito fraco, razão pela qual a substituição do átomo de hidrogénio (H) presente no grupo hidroxilo ($-OH$) se tornar tão difícil, os álcoois podem funcionar como ácidos perante metais muito activos e perante ácidos. Da reacção com metais activos formam-se **alcoóxidos do metal** e da reacção com ácidos formam-se **ésteres**. Normalmente, nessas reacções, a ordem de reactividade é:

Álcool primário > Álcool secundário > Álcool terciário

As etapas industriais para a produção de álcool etílico são:

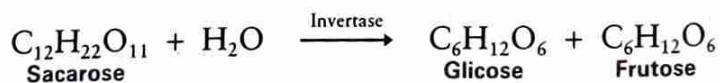
- lavagem e moagem da cana-de-açúcar;
- extracção do caldo;
- tratamento do caldo para produção de álcool;
- fermentação do caldo (processo químico);
- destilação do vinho;
- rectificação;
- desidratação – álcool anidro ou hidratado.



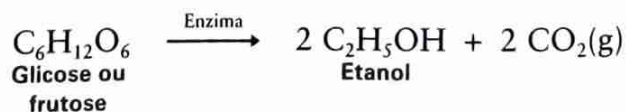
Fig. 10 – Na produção do álcool etílico duas das etapas são: (A) a moagem e (B) a fermentação.

Como se pode verificar, somente na etapa da fermentação do caldo ocorrem reacções químicas, pois até então apenas ocorrem processos físicos de separação de misturas.

Nessa fase, a fermentação da sacarose do caldo ocorre naturalmente em condições aeróbias ou, então, na ausência de oxigénio, catalisada por enzimas de microrganismos anaeróbios. Na presença da sacarose, os microrganismos produzem uma enzima denominada *invertase*, que catalisa a hidrólise da sacarose, produzindo a glicose e a frutose. Estes dois açúcares são isómeros funcionais.



Por acção de outras enzimas, também produzidas por microrganismos, a glicose e a frutose transformam-se em etanol, com a libertação de dióxido de carbono, segundo a equação da reacção química simplificada:



Esta reacção é exotérmica e liberta dióxido de carbono na forma gasosa que ferve na mistura reactiva. Forma-se o vinho da cana-de-açúcar (mosto fermentado). Este processo foi denominado *fermentação por Pasteur*.

Após a fermentação, o álcool é destilado em grandes colunas de fracionamento, obtendo-se 96% de álcool comum e 4% de água. Através da destilação fracionada não é possível obter 100% de álcool. O diagrama que se segue resume as etapas da produção de etanol.

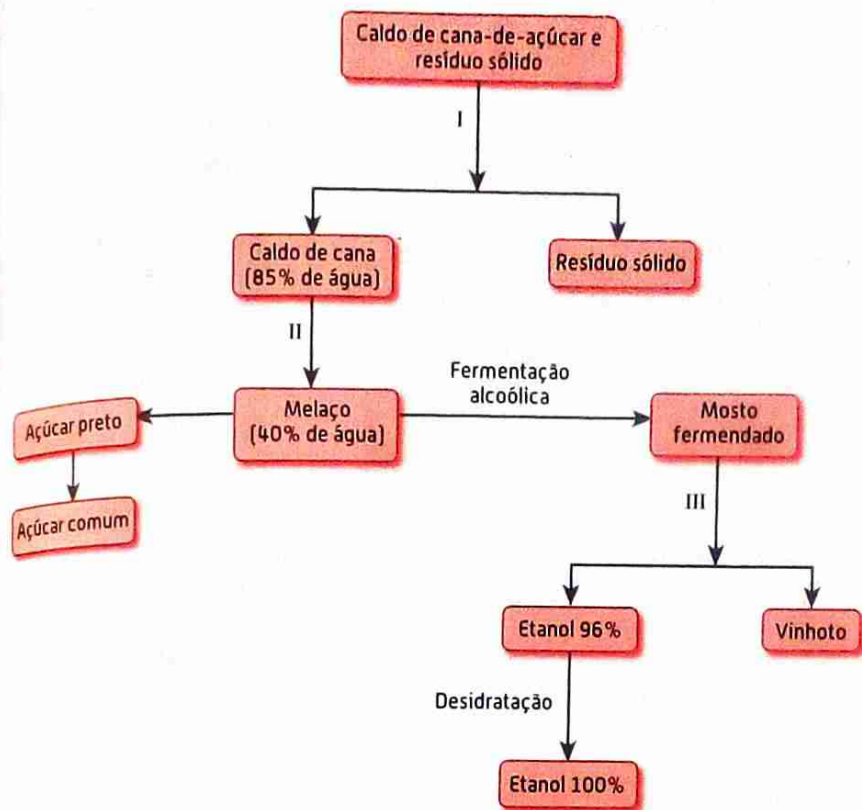


Fig. 11 – Diagrama com as etapas de produção do etanol.

Como se pode ver no diagrama, as fases (I, II e III) do processo estão intrinsecamente ligadas a processos físicos de separação de misturas.

O etanol pode ser obtido a partir do eteno ou a partir de qualquer hidrato de carbono fermentável pela levedura: sacarose, sucos de frutas, milho, melaço da cana-de-açúcar, beterrabas, batatas, malte, cevada, aveia, centeio, arroz, etc.

Para obter etanol a partir de carbo-hidratos é necessário hidrolisar os hidratos de carbono complexos em açúcares mais simples para, depois, produzir o álcool por fermentação, à qual se segue a destilação. Este processo decorre com o recurso a enzimas.

Materiais celulósicos, como a madeira e resíduos do fabrico da pasta de papel, também podem ser utilizados para produzir etanol. As celulosas são hidrolisadas por bactérias em açúcares simples (monossacarídeos) que são fermentados directamente a etanol.

A produção do etanol decorre em três etapas principais:

- preparação da mistura para a fermentação;
- fermentação;
- destilação do etanol.

► **Produção e classificação de bebidas alcoólicas**

De um modo geral, as bebidas podem ser classificadas em:

- bebidas fermentadas;
- bebidas destiladas.

Bebidas fermentadas

As bebidas fermentadas resultam da simples fermentação dos açúcares de qualquer bebida açucarada. Fazem parte das bebidas fermentadas o vinho, o champanhe, a cerveja e a cidra, entre outras.



Fig. 12 – (A) A cerveja, (B) o champanhe e (C) o vinho são exemplos de bebidas fermentadas.

Na tabela seguinte, estão indicadas as composições de algumas bebidas fermentadas.

BEBIDA	COMPOSIÇÃO	% DE ÁLCOOL ETÍLICO
Vinho	Produto da fermentação do sumo de uva.	Entre 10% e 15%.
Champanhe	Vinho em que a fermentação continua a decorrer no interior da garrafa.	Entre 10% e 15%.
Cerveja	Fermentação do malte (cevada germinada) misturado com flores de lúpulo.	Entre 3% e 5%.

Bebidas destiladas

As bebidas destiladas são produto da concentração do etanol resultante da destilação de bebidas fermentadas. A aguardente, o uísque, o conhaque, o rum, o *brandy* e o vodka são exemplos de bebidas destiladas.



Fig. 13 – (A) A aguardente, (B) o uísque, (C) o conhaque e (D) o rum são exemplos de bebidas destiladas.

Na tabela seguinte, estão indicadas as composições de algumas bebidas destiladas.

BEBIDA	COMPOSIÇÃO	% DE ÁLCOOL ETÍLICO
Aguardente	Destilado do caldo de cana-de-açúcar.	Aproximadamente 45%.
Uísque	Destilado de cereais fermentados (cevada, malte, centeio, milho, etc.).	Entre 40% e 75%.
Conhaque	Destilado do vinho.	Entre 40% e 60%.
Rum	Destilado do melaço da cana-de-açúcar fermentado.	Aproximadamente 50%.

2.7. Efeitos do álcool no organismo humano e na sociedade

Quando uma bebida alcoólica é ingerida, o etanol é absorvido no intestino delgado e distribuído pelo corpo, sendo encontrado mais etanol no sangue e no cérebro do que nos músculos e tecidos adiposos.

Uma vez que o etanol é uma substância tóxica, o organismo inicia o processo de excreção desta substância logo que ela é consumida. Cerca de 90% do etanol é processado no fígado onde, sob a acção de enzimas, é convertido em acetaldeído, que também é uma substância tóxica (responsável pelas enxaquecas). O aldeído é posteriormente convertido em acetato por uma outra enzima. Assim, dependendo da quantidade ingerida, os seus efeitos no organismo podem ser mais ou menos acentuados e prolongarem-se por um período de tempo também variável.

Apesar de o etanol ser considerado um estimulante quando ingerido em pequenas doses, actuando no nosso organismo como substância fornecedora de energia, em doses elevadas actua como um depressor do sistema nervoso central, pois reduz a actividade do mesmo, fazendo com que as mensagens levem mais tempo a serem transmitidas através das fibras nervosas, reduzindo, assim, a capacidade de locomoção e de reacção aos estímulos necessários.

Em doses muito elevadas, o etanol actua como veneno e pode levar à morte.

Uma boa parte dos acidentes de viação em Moçambique e em outros países do Mundo, muitos dos quais fatais, deve-se à condução em estado de embriaguez. É por essa razão que não se deve conduzir quando se ingere álcool.

Para prevenir os acidentes devido ao consumo de álcool, os automobilistas são normalmente submetidos a testes para avaliar o teor de álcool (etanol) no sangue. Para tal, a polícia usa instrumentos chamados bafómetros ou etilómetros.

Nesse teste, denominado teste de alcoolemia, os automobilistas sopram um balão que contém dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$ – agente



Fig. 14 – Muitos dos acidentes de viação devem-se ao consumo de bebidas alcoólicas.

oxidante de cor alaranjada) em sílica gel. Se o automobilista tiver consumido álcool, esse composto alaranjado muda para a cor verde devido à reacção de oxidação-redução resultante.

O teste de alcoolemia informa sobre a quantidade de álcool no sangue e depende de quatro factores:

- quantidade de álcool ingerida;
- tipo de bebida alcoólica ingerida;
- massa corporal do indivíduo;
- tempo despendido a ingerir álcool.

Com base nesses factores, o teste permite determinar a taxa de alcoolemia (quantidade de álcool no sangue).

Em muitos países o **limite de álcool** tolerável no sangue, que antes era antes de 6 g/L (0,06%), foi reduzido para 2 g/L (0,02%).

- Uma taxa de alcoolemia de 0,12% é designada por **intoxicação leve** e conduz à alteração da personalidade e à mudança de comportamento do indivíduo.
- Uma taxa de alcoolemia de 0,20% é designada por **intoxicação moderada** e causa náuseas, vômitos, confusão mental e andar cambaleante.
- Uma taxa de alcoolemia de 0,30% é designada por **intoxicação severa** e é caracterizada por uma fala arrastada, diminuição sensorial e distúrbios visuais.
- Uma taxa de alcoolemia de 0,40% é caracterizada por hipotermia, hipoglicemia e perda do controlo muscular e de memória.
- Uma taxa de alcoolemia de 0,70% causa inconsciência, falência respiratória, convulsões e é potencialmente **letal**.

Tenha muito cuidado com o consumo de álcool.

O consumo desregrado de bebidas alcoólicas tem consequências bastante nefastas para o organismo humano. Além do alcoolismo, que se manifesta na dependência do indivíduo ao álcool, a frequência assídua aos locais de consumo de álcool tem sido frequentemente apontada como um dos principais focos de prostituição e, consequentemente, propagação do HIV-SIDA, pois o indivíduo embriagado tem sempre menos controlo sobre si próprio, o que o torna susceptível a cometer grandes imprudências.

Se ama a sua vida e a dos outros, cuide-se e previna-se devidamente.



Fig. 15 – O consumo de bebidas alcoólicas excessivo prejudica a saúde e causa dependência.

Os Polialcoois – etilenoglicol e glicerina: propriedades e aplicações

Os polialcoois são álcoois que apresentam mais do que um grupo hidroxilo ligado ao carbono saturado da cadeia. Os polialcoois são normalmente muito solúveis em água devido à presença de mais do que um grupo -OH o que permite aumentar o número de ligações por pontes de hidrogénio com a água.

O etilenoglicol com dois grupos -OH e a glicerina com três grupos -OH são exemplos concretos de polialcoois.

Os polialcoois são álcoois que apresentam mais do que um grupo hidroxilo ligado ao carbono saturado da cadeia. O etilenoglicol e a glicerina são exemplos de polialcoois.

O etilenoglicol (etano-1,2-diol) é um líquido oleoso e muito viscoso. Uma mistura contendo etilenoglicol e água na proporção de 1:1 congela a uma temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por esse motivo, o etilenoglicol é usado como anticongelante (*antifreeze*), isto é, é usado para diminuir a temperatura de fusão ou aumentar a temperatura de ebulição da água. Assim, este líquido é muito utilizado nas regiões frias ou quentes para impedir que a água congele ou ferva facilmente nos radiadores dos automóveis e aviões. A indústria química usa o etilenoglicol como matéria-prima para a produção de resina de poliéster, que permite incorporar aparelhos electrónicos ou preparados biológicos.

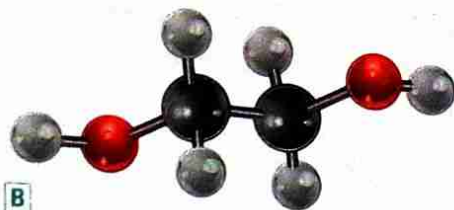
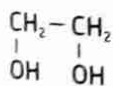


Fig. 16 – (A) Fórmula de estrutura e (B) modelo da molécula de etilenoglicol.

A glicerina (propano-1,2,3-triol) é um líquido com aparência de melado (viscoso), de sabor adocicado, higroscópico, que também se mistura muito bem com a água. Devido às suas propriedades a glicerina é usada na preparação de cremes, pomadas, sabões diversos, pastas dentífricas, etc. É usada como lubrificante, impedindo que estes produtos sequem e permitindo amaciar a pele. Também é usada como solvente e na produção de tintas, perfumes e explosivos, como é o caso da trinitroglicerina, ingrediente activo da dinamite, que é um explosivo muito potente, capaz de explodir por simples agitação. Apresenta ainda propriedades anticongelantes. Uma mistura contendo 70% de volume de glicerina em água congela a uma temperatura de $-38,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

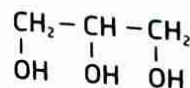


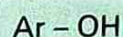
Fig. 17 – (A) Fórmula de estrutura e (B) modelo da molécula de glicerina.

3. Fenóis

3.1. Definição, fórmula geral e grupo funcional dos fenóis

Os fenóis são compostos orgânicos que possuem um ou mais grupos hidroxilo ligados ao anel aromático. Resultam da substituição de um ou mais átomos de hidrogénio nucleares do anel aromático por igual número de grupos hidroxilo. Consoante o número de grupos hidroxilo ligados ao anel aromático, estes podem ser classificados em monofenóis (um grupo -OH) ou polifenóis (dois ou mais grupos -OH).

Nos fenóis, de fórmula geral:



onde Ar representa o radical aromático = arilo, os grupos hidroxilo encontram-se directamente ligados ao anel aromático. Eles são geralmente sólidos, cristalinos, pouco solúveis em água, tóxicos e cáusticos.

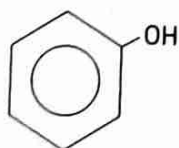
► Nomenclatura dos fenóis

A nomenclatura dos fenóis apresenta várias especificidades. No geral a maioria dos fenóis usa frequentemente nomes especiais.

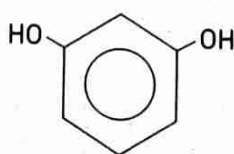
De acordo com a nomenclatura da IUPAC, os fenóis são nomeados usando o anel aromático como cadeia principal e os grupos a ele ligados como radicais. Assim usa-se o prefixo **hidroxi-**, seguido do nome dos outros radicais, caso existam, e, por fim, do nome do hidrocarboneto aromático (benzeno, naftaleno, etc.).

Nome dos fenóis = Prefixo hidroxi- + Nome do radical (caso exista) + Nome do hidrocarboneto aromático

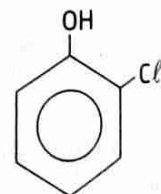
Os exemplos seguintes são elucidativos.



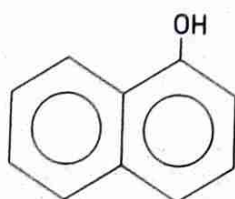
Hidroxibenzeno ou fenol



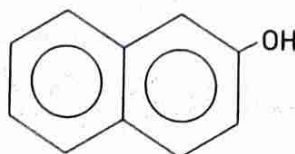
Benzeno-1,3-diol, 1,3-di-hidroxibenzeno ou resorcinol



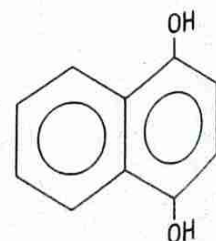
Hidroxi-2-clorobenzeno ou 2-clorofenol



1-Hidroxinaftaleno ou naft-1-ol

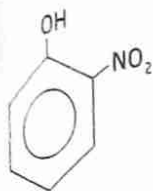


2-Hidroxinaftaleno ou naft-2-ol

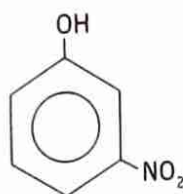


1,4-Di-hidroxinaftaleno

Quando existem dois grupos substituintes existem três possibilidades de ligação destes ao anel benzénico. Nestas situações são utilizados prefixos específicos: *orto* (*o*-), quando as ligações são nos carbonos 1 e 2, *meta* (*m*-), quando as ligações são nos carbonos 1 e 3, e *para* (*p*-), quando as ligações são nos carbonos 1 e 4.



o-Nitrofenol



m-Nitrofenol



p-Nitrofenol

► Propriedades físicas

As propriedades físicas dos fenóis são caracterizadas pela presença do grupo hidroxilo como acontece nos álcoois. No caso dos fenóis, a polaridade da ligação O-H é maior devido ao efeito do anel aromático. Assim, os fenóis formam ligações por pontes de hidrogénio mais fortes que os álcoois.

Os fenóis mais simples são líquidos ou sólidos, com baixo ponto de fusão e elevado ponto de ebulição, devido às ligações intermoleculares por pontes de hidrogénio. Salvo raras exceções, os fenóis são em geral solúveis em água, pouco voláteis e de cheiro forte e característico. São tóxicos e têm acção cáustica sobre a pele. A menos que exista na molécula algum grupo susceptível de produzir cor, os fenóis são normalmente incolores.

► Propriedades químicas

Os fenóis oxidam-se facilmente e muitos apresentam cor devido à presença de produtos de oxidação corados.

Devido ao facto de a polaridade do grupo hidroxilo nos fenóis ser maior do que a que ocorre nos álcoois, apresentam um carácter ácido mais acentuado, mas inferior ao dos ácidos carboxílicos.

3.2. Principais fenóis e suas aplicações

► Fenol

É um sólido branco, pouco solúvel em água e de cheiro característico. Apresenta propriedades anti-sépticas, isto é, é capaz de matar microrganismos. O fenol foi o primeiro composto usado como anti-séptico para evitar infecções nos hospitais, no final do século XIX. No entanto, a sua acção cáustica sobre a pele e as mucosas e a sua elevada toxicidade levaram a que fosse substituído por outros anti-sépticos.

Actividades

1. Qual é a fórmula geral dos fenóis?

2. Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.

Quando os substituintes se ligam num anel benzénico nas posições 1 e 3...

- (A) ... forma-se o isómero *orto* (*o*-).
- (B) ... forma-se o isómero *meta* (*m*-).
- (C) ... forma-se o isómero *para* (*p*-).
- (D) ... forma-se o isómero *cis*.
- (E) ... forma-se o isómero *trans*.

O fenol é também usado no fabrico de resinas sintéticas, corantes e indicadores, como a fenolftaleína (usada como indicador ácido-base), corantes sintéticos e ácido pícrico. É um aditivo importante na produção de poliamidas. A baquelite é outro produto importante resultante da aplicação do fenol.

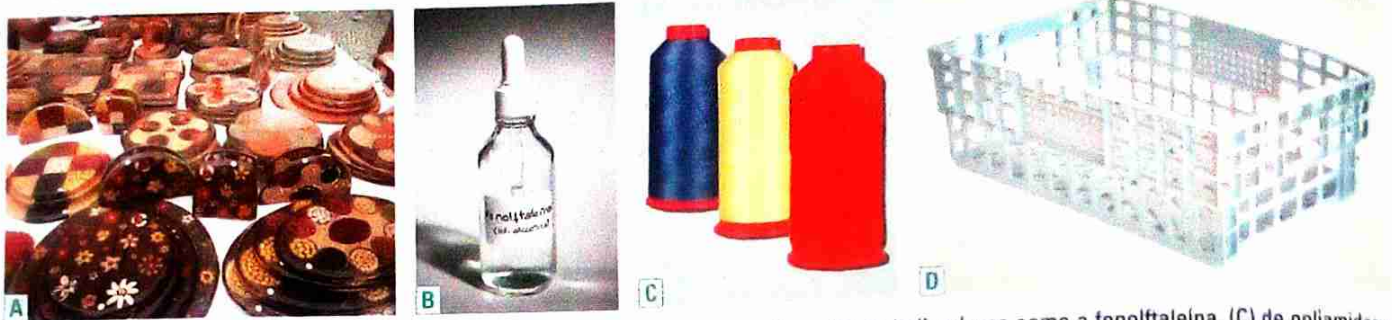


Fig. 18 – Os fenóis têm aplicações no fabrico, por exemplo: (A) de resinas sintéticas, (B) de indicadores como a fenolftaleína, (C) de poliamidas e (D) de baquelite.

O ácido pícrico é muito usado no tratamento de queimaduras sob a forma de picrato de butesina. É também utilizado como explosivo, sendo os seus sais muito reactivos e potentes.

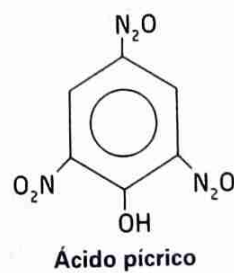
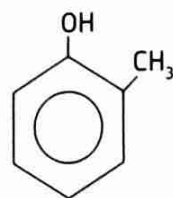


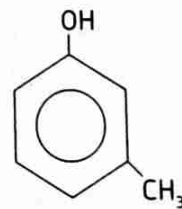
Fig. 19 – Uma das principais aplicações do ácido pícrico é sob a forma de pomada para o tratamento de queimaduras.

► **Cresol**

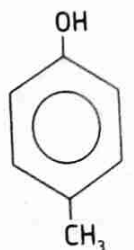
O cresol apresenta três isómeros: o *orto*, o *meta* e o *para*.



o-Cresol



m-Cresol



p-Cresol



Fig. 20 – A principal aplicação do cresol é como desinfectante na forma de (A) creolina e (B) lisol.

O cresol é um anti-séptico mais forte e menos tóxico do que fenol. É usado como desinfectante sob a forma de **creolina** (mistura de sais de sódio derivados do cresol) ou **lisol** (mistura de sabão e cresol em óleo de linhaça) para uso doméstico e na agro-pecuária. Ainda usado no fabrico de corantes, explosivos, perfumes e na conservação da madeira.

Benzenodiol e naftol

Benzenodiol

O catecol, o resorcinol e a hidroquinona são, respectivamente, os isômeros *orto*, *meta* e *para* do di-hidroxibenzeno ou benzenodiol.

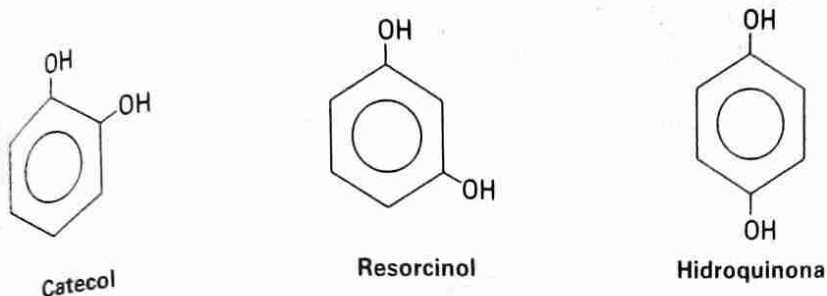


Fig. 21 - Isômeros do benzenodiol.

O catecol é usado na produção de pesticidas, na síntese de fragrâncias, de produtos farmacêuticos e de aromatizantes para a indústria alimentar. A banana e a maçã, quando cortadas ou descascadas e guardadas por algum tempo, escurecem por possuírem catecol, que oxida facilmente na presença de enzimas, formando a *o*-benzenoquinona (cor escura, acastanhada). Salpicando as bananas ou as maçãs cortadas com gotas de sumo de limão, diminui-se a velocidade da reação que leva ao escurecimento dos frutos. Isto porque o ácido cítrico do limão inibe a reação de oxidação.

O resorcinol é usado como anti-séptico bem como no fabrico de medicamentos.

A hidroquinona é usada em reveladores fotográficos e possui propriedades antioxidantes.

Naftol

O naftol apresenta dois isômeros: o naft-1-ol e o naft-2-ol.

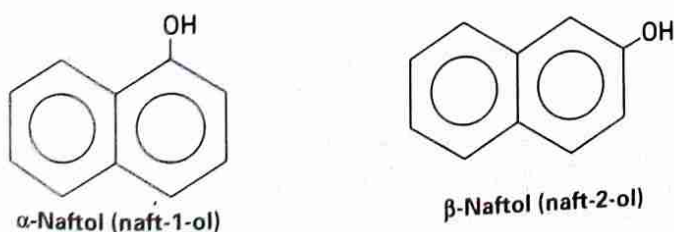


Fig. 23 - Isômeros do naftol.

O naftol é um subproduto sólido da destilação do alcatrão da hulha. Tem poder anti-séptico e é usado no fabrico de corantes, como, por exemplo, o indofenol.

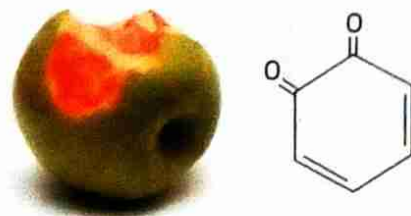


Fig. 22 - A maçã, por exemplo, passado algum tempo sem a casca começa a escurecer devido à existência de catecol na sua composição, que oxida formando a *o*-benzenoquinona.

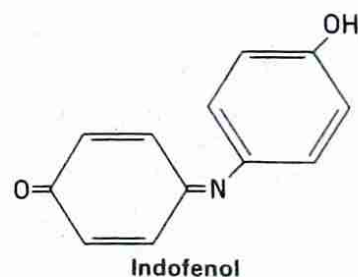


Fig. 24 - O naftol é usado no fabrico de corantes, como, por exemplo, o indofenol.

Os **álcoois** são compostos orgânicos com um ou mais **grupos hidroxilo (-OH)** ligados directamente a carbonos saturados. A sua fórmula geral é **R-OH**.

Os **álcoois** são compostos muito estáveis, pois possuem **ligações intermoleculares por pontes de hidrogénio**, que são de natureza electrostática e muito fortes.

A **nomenclatura IUPAC dos álcoois** é baseada na dos hidrocarbonetos dos quais derivam, utilizando a terminação **-ol**.

De acordo com o carbono ao qual se ligam os grupos hidroxilo, os álcoois podem ser classificados em **álcoois primários** (têm o grupo hidroxilo ligado a um carbono primário), **álcoois secundários** (têm o grupo hidroxilo ligado a um carbono secundário) e **álcoois terciários** (têm o grupo hidroxilo ligado a um carbono terciário).

Conforme o número de grupos hidroxilo, os álcoois são classificados em **monoálcoois** (um grupo -OH) ou **poliálcoois** (dois ou mais grupos -OH).

Os álcoois podem ser obtidos a partir de vários métodos, tais como: **fermentação alcoólica**, **hidratação de alcenos**, **reacção de haletos orgânicos com bases fortes**, **redução de aldeídos e cetonas** e **hidrólise de ésteres**.

Os álcoois mais simples são líquidos incolores, voláteis e de cheiro característico. São solúveis em água e apresentam pontos de ebulição superiores aos de outros compostos orgânicos de massas moleculares semelhantes.

Com o aumento da cadeia carbónica, os monoálcoois saturados tornam-se líquidos viscosos e cada vez menos solúveis em água e mais solúveis em solventes orgânicos.

A solubilidade em água e os pontos de ebulição relativamente altos nos álcoois são explicados pela formação de ligações por pontes de hidrogénio entre as moléculas.

Devido à polaridade do grupo funcional -OH e à elevada electronegatividade do oxigénio, essa parte da molécula é a mais reactiva nos álcoois.

As principais **reacções dos álcoois** são:

- **reacções de substituição do hidrogénio do grupo hidroxilo** (reacção com metais alcalinos e com ácidos);
- **reacções de substituição do grupo hidroxilo**;
- **reacções de desidratação**;
- **reacções de oxidação**;
- **reacções de redução**.

Os álcoois apresentam **isomeria de cadeia**, **isomeria de posição do grupo hidroxilo** e **isomeria de função** (álcoois e éteres).

Os álcoois apresentam propriedades **anfotéricas**, podendo apresentar tanto comportamento ácido como básico.

Os álcoois mais comuns são o **metanol** e o **etanol**, sendo este último de grande importância social e económica.

O **etanol**, **álcool etílico** ou **álcool comum** é usado no fabrico de bebidas alcoólicas, na produção de tintas, vernizes, perfumes, entre outras aplicações.

As **bebidas alcoólicas** podem ser **fermentadas** ou **destiladas**. Estes tipos de bebidas têm um efeito prejudicial se forem consumidas em excesso.

O **etilenoglicol** e a **glicerina** são **poliálcoois** com, respectivamente, dois e três grupos hidroxilo.

O **etilenoglicol** ou **etano-1,2-diol** é usado como anticongelante (*antifreeze*).

A **glicerina** ou **propano-1,2,3-triol** é usada na produção de explosivos, cremes, pastas dentífricas e sabões.

Os **fenóis** são compostos orgânicos, formados pela substituição de um ou mais átomos de hidrogénio por grupos hidroxilo no anel aromático (de benzeno). Os fenóis e os seus derivados são usados como desinfectantes e no fabrico da baquelite, esponjas, corantes, medicamentos e explosivos.

Actividades

1. Escreve as fórmulas moleculares e estruturais dos seguintes álcoois.

- a) Etanol;
- b) Pentano-1,2-diol;
- c) Hexano-1,2,3-triol;
- d) Álcool propílico;
- e) 3,3-Dimetilciclo-hexanol.

2. Classifica os álcoois da questão anterior.

3. Selecciona a alternativa correcta.

- (A) Nos álcoois o grupo hidroxilo encontra-se ligado a um ou mais carbonos insaturados.
- (B) O grupo funcional dos álcoois é -SH.
- (C) Um álcool primário possui o grupo funcional -OH num carbono primário.
- (D) Os álcoois são hidrocarbonetos.

4. Dá o nome IUPAC aos seguintes compostos e escreve as respectivas fórmulas de estrutura.

- a) Glicerina;
- b) Etilenoglicol;
- c) Álcool etílico.

5. Representa as ligações por pontes de hidrogénio que ocorrem no etanol.

6. Representa a fórmula de estrutura do etanoato de etilo.

7. Quais das seguintes afirmações correspondem aos álcoois?

- (A) São ácidos orgânicos.
- (B) São bases orgânicas.
- (C) São substâncias orgânicas com propriedades anfotéricas.
- (D) São usados para preparar bebidas alcoólicas comuns.
- (E) São compostos orgânicos com o grupo hidroxilo ligado a um ou mais carbonos saturados.

8. Escreve as fórmulas de estrutura dos seguintes compostos:

butan-1-ol, 2-metilpropan-1-ol, propan-2-ol

e agrupa-os pelos tipos de isomeria que formam.

9. Escreve as fórmulas de estrutura e dá os nomes aos compostos acíclicos com a fórmula molecular $C_4H_{10}O$ e agrupa-os pelos diferentes tipos de isomeria.

10. Completa as seguintes equações químicas e nomeia os reagentes e os respectivos produtos da reacção e classifica cada uma das reacções.

- a) $2 CH_3-CH_2-CH_2-OH + 2 Na \rightarrow$
- b) $CH_3-CH_2-OH + 2 HI \rightarrow$
- c) $CH_3-CH_2-OH + HCl \rightarrow$
- d) $CH_3-OH \xrightarrow{[O]}$
- e) $CH_3-CH_2-OH + CH_3-COOH \rightarrow$
- f) $CH_3-CHO \xrightarrow{[O]}$
- g) $CH_3-\underset{\substack{| \\ OH}}{CH}-CH_3 \xrightarrow{[O]}$

11. Escreve a equação de reacção de combustão do metanol e do octano e diz qual é a vantagem de utilizar os álcoois como combustíveis em vez dos derivados do petróleo?
12. Que métodos são usados para a produção industrial de álcoois?
13. Elabora um texto de 50 palavras apresentando os problemas que advêm do consumo excessivo de álcool.
14. O que são álcoois?
15. Como são classificados os álcoois?
16. Por que razão o álcool é prejudicial à saúde?
17. Será que se pode obter álcool etílico a partir da mandioca? Justifica a tua resposta.
18. Quais são as principais fases de produção do álcool etílico a partir da cana-de-açúcar?
19. Um indivíduo apresentava as seguintes características comportamentais depois de ter ingerido bebidas alcoólicas numa festa: náuseas, vômitos, confusão mental e andar cambaleante. Indica a taxa de alcoolemia correspondente.
20. Quais são as aplicações fundamentais do álcool etílico?
21. Estabeleça as diferenças entre o metanol e o etanol.
22. Como se obtém o metanol?
23. Quais são as principais aplicações do metanol?
24. Qual é a importância prática da glicerina e do etilenoglicol?
25. O que são fenóis?
26. Estabelece as diferenças entre álcoois e fenóis.
27. Que aplicações práticas têm os fenóis?
28. O etanol é um líquido inflamável, com ponto de ebulição igual a $78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ à temperatura e pressão ambientais. Das afirmações seguintes assinala com V as verdadeiras e com F as falsas.
- (A) O etanol pode ser obtido pela hidratação do eteno em meio ácido.
 - (B) O etanol reage com o sódio (Na) formando o etóxido de sódio.
 - (C) O etanol reage com o ácido acético formando um sal e água.
 - (D) O etanol reage com o dicromato de potássio em meio ácido formando acetona.
29. Quando o propan-1-ol reage com o ácido sulfúrico concentrado a $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ forma-se um composto insaturado B e um outro composto C. Se entretanto a reacção se der a uma temperatura de $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ formam-se os compostos C e D.
- a) Qual é a fórmula de estrutura e o nome IUPAC dos compostos A, B e D?
 - b) A que funções orgânicas pertencem os compostos A, B e D?
 - c) Como se chama o composto C?
 - d) Como se classificam as reacções que levam à formação dos compostos B e D?
30. Escreva a fórmula estrutural dos seguintes compostos.
- a) Etilenoglicol;
 - b) Glicerina;
 - c) 1,3-Di-hidroxibenzeno;
 - d) *p*-Cresol;
 - e) 2-Metilbutan-2-ol;
 - f) Naft-1-ol.

Agora vou experimentar

▶ EXPERIÊNCIA 1

PRODUÇÃO DE ÁLCOOL POR FERMENTAÇÃO DE SUMO DE FRUTAS

MATERIAIS:

- Aparelhagem para destilação simples completa
- Tubos de ensaio (3)
- Cadinho de combustão
- Fósforos

REAGENTES:

- Sumo de fruta fermentado (por exemplo de ananás) previamente preparado

PROCEDIMENTO:

1. Montar cuidadosamente a aparelhagem para executar a destilação simples.
2. Fazer a destilação do álcool existente no sumo e recolher o destilado em três tubos de ensaio.
3. Fazer a prova de combustibilidade do 1.º, 2.º e 3.º destilado no cadinho.
4. Observar atentamente e anotar as observações.
5. Tirar as devidas conclusões.

RESPONDE À SEGUINTE QUESTÃO:

- Por que razão o sumo de frutas fermentado contém etanol?

▶ EXPERIÊNCIA 2

PROPRIEDADES FÍSICAS DE MONOÁLCOOIS – METANOL E ETANOL

MATERIAIS:

- Gobelés (2)
- Pedaco de pano de algodão branco

REAGENTES:

- Metanol
- Etanol (álcool etílico 96%)
- Água

PROCEDIMENTO:

1. Molhar parcialmente uma das extremidades do pano com água e a outra extremidade com metanol.
2. Deixar o pano ao ar durante 5 minutos.
3. Repetir a experiência usando etanol em vez de metanol.
4. Observar atentamente e anotar as observações.
5. Tirar as devidas conclusões.

▶ EXPERIÊNCIA 3

PROPRIEDADES QUÍMICAS DOS ÁLCOOIS – REACÇÃO DO ETANOL COM SÓDIO

MATERIAIS:

- Caixa de Petri

REAGENTES:

- Etanol (álcool etílico 96%)
- Sódio

PROCEDIMENTO:

1. Colocar 5 a 10 mL de álcool etílico na caixa de Petri.
2. Cortar cuidadosamente e com o auxílio do professor um pequeno pedaço de sódio e introduzi-lo na caixa de Petri contendo o álcool.
3. Observar atentamente e anotar as observações.
4. Tirar as devidas conclusões.

RESPONDE À SEGUINTE QUESTÃO:

- Escreve a equação da reacção que decorre na experiência.

▶ EXPERIÊNCIA 4

O ETANOL COMO COMBUSTÍVEL

MATERIAIS:

- Lamparina de álcool
- Tripé
- Gobelé
- Fósforos

REAGENTES:

- Etanol (álcool etílico 96%)
- Água

PROCEDIMENTO:

1. Colocar o etanol na lamparina e com a ajuda de fósforos acendê-la.
2. Introduzir um pouco de água no gobelé e aquecer a água até à ebulição, usando a chama da lamparina.
3. Observar atentamente e anotar as observações.
4. Tirar as devidas conclusões.

RESPONDE À SEGUINTE QUESTÃO:

- Escreve a equação da reacção que decorre na experiência.

▶ EXPERIÊNCIA 5

PRESENÇA DE ETANOL NAS BEBIDAS ALCOÓLICAS

MATERIAIS:

- Aparelhagem para destilação simples completa
- Tubos de ensaio
- Fósforos
- Cadinho de combustão
- Seringa graduada

REAGENTES:

- Vinho branco
- Aguardente
- Sulfato de cobre anidro
- Uísque
- Conhaque

PROCEDIMENTO 1:

1. Com o auxílio de uma seringa graduada colocar 10 mL de uísque no cadinho de combustão.
2. Incendiar o uísque com a ajuda de um fósforo e deixar que arda até que a chama se extinga.
3. Deixar arrefecer e sugar com a seringa o resíduo líquido no cadinho. Anotar o seu volume.
4. Colocar o líquido num tubo de ensaio contendo alguns cristais de sulfato de cobre anidro e agitar até a total dissolução.
5. Repetir a experiência usando as outras bebidas alcoólicas disponíveis.
6. Observar atentamente e anotar as observações.
7. Tirar as devidas conclusões.

PROCEDIMENTO 2:

1. Montar cuidadosamente a aparelhagem para executar a destilação simples.
2. Fazer a destilação de uma das bebidas alcoólicas apresentadas e recolher o destilado no cadinho.
3. Fazer a prova de combustibilidade.
4. Observar atentamente e anotar as observações.
5. Tirar as devidas conclusões.

RESPONDE ÀS SEGUINTEs QUESTÕES:

1. Para que serve o sulfato de cobre anidro?
2. Que conclusões se podem tirar sobre a percentagem de álcool nas bebidas?

▶ EXPERIÊNCIA 6**PROPRIEDADES FÍSICAS DOS POLIÁLCOOIS – GLICERINA****MATERIAIS:**

- Tubos de ensaio (2)
- Gobelé de 500 cm³

REAGENTES:

- Glicerina
- Nitrato de sódio
- Água destilada
- Gelo

PROCEDIMENTO:

1. Misturar num tubo de ensaio 2 mL de água destilada e 2 mL de glicerina.
2. Colocar no segundo tubo de ensaio 4 mL de água destilada.
3. Rotular os tubos de ensaio.
4. Misturar cuidadosamente no gobelé gelo e nitrato de sódio.
5. Colocar os dois tubos de ensaio dentro do gobelé.
6. Observar atentamente e anotar as observações.
7. Tirar as devidas conclusões.

RESPONDE À SEGUINTE QUESTÃO:

- Por que razão o tubo que contém a mistura de *glicerina + água* não congela?

QUESTÕES ADICIONAIS:

1. Que propriedades físicas do etanol foram tratadas nas experiências realizadas?
2. Pode o álcool produzido de modo caseiro ser usado como combustível de iluminação em vez do petróleo?

5

ALDEÍDOS E CETONAS

Você aprenderá

- A definir e classificar os aldeídos e as cetonas
- A escrever a fórmula geral, a série homóloga e a estrutura dos aldeídos e das cetonas
- A distinguir as diferentes formas de nomenclatura dos aldeídos e das cetonas
- A distinguir e representar os tipos de isômeros dos aldeídos e das cetonas
- A indicar os principais métodos de síntese dos aldeídos e das cetonas e a escrever as respectivas equações das reações químicas
- A identificar as propriedades físicas e químicas dos aldeídos e das cetonas
- A mencionar as aplicações dos aldeídos e das cetonas
- A identificar aldeídos e cetonas em laboratório e testar as suas propriedades

1. Introdução

A História da Humanidade conta que terá vindo da China a primeira indicação sobre o uso do *ting hiang* ou cravo-da-índia, cujo nome científico é *Eugenia caryophyllata* Thunb, muito usado como condimento, remédio e substância básica para a preparação de perfumes especiais e essências aromatizadas.

Um quilograma de botões florais desta planta, que quando mascada também melhora o hálito e a saúde bucal das pessoas, chegou a ser trocado por sete gramas de ouro em operações comerciais no início do século XVI.

Todas estas propriedades características do cravo-da-índia devem-se à existência, entre outros, do **eugenol**, já conhecido no estudo dos fenóis, e do **benzaldeído**. Do reino vegetal é muito comum retirarem-se fragrâncias de flores para diversos fins, entre os quais a produção de perfumes e cosméticos.

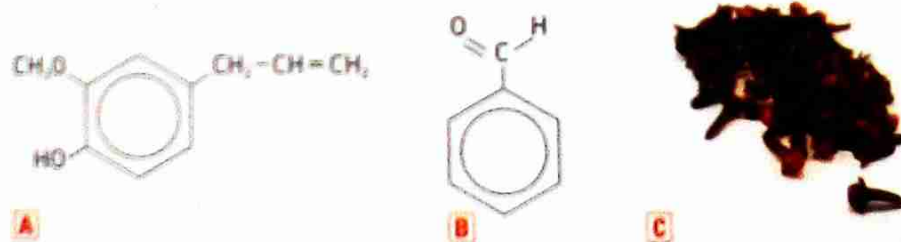


Fig. 1 - O eugenol (A), um fenol, e o benzaldeído (B), um aldeído, são duas substâncias que estão presentes no cravo-da-índia (C) e que lhe conferem as suas propriedades tão características.

No mesmo contexto, o reino animal também é bem conhecido das grandes empresas de perfumaria, sobretudo por causa da civetona e da muscona, substâncias naturais, retiradas da glândula que se localiza no recto de dois animais diferentes, e que serviram durante muito tempo como fixadores em perfumaria, até serem substituídas pela civetona e muscona sintéticas. A civetona e a muscona pertencem ao grupo funcional das cetonas.

5

ALDEÍDOS E CETONAS

Vou aprender

- A definir e classificar os aldeídos e as cetonas
- A escrever a fórmula geral, a série homóloga e a estrutura dos aldeídos e das cetonas
- A distinguir as diferentes formas de nomenclatura dos aldeídos e das cetonas
- A distinguir e representar os tipos de isômeros dos aldeídos e das cetonas
- A indicar os principais métodos de obtenção dos aldeídos e das cetonas e a escrever as respectivas equações das reacções químicas
- A identificar as propriedades físicas e químicas dos aldeídos e das cetonas
- A mencionar as aplicações dos aldeídos e das cetonas
- A identificar aldeídos e cetonas em laboratório e testar as suas propriedades

1. Introdução

A História da Humanidade conta que terá vindo da China a primeira indicação sobre o uso do *ting hiang* ou cravo-da-índia, cujo nome científico é *Eugenia caryophyllata Thunb*, muito usado como condimento, remédio e substância básica para a preparação de perfumes especiais e essências aromatizadas.

Um quilograma de botões florais desta planta, que quando mascada também melhora o hálito e a saúde bucal das pessoas, chegou a ser trocado por sete gramas de ouro em operações comerciais no início do século XVI.

Todas estas propriedades características do cravo-da-índia devem-se à existência, entre outros, do **eugenol**, já conhecido no estudo dos fenóis, e do **benzaldeído**. Do reino vegetal é muito comum retirarem-se fragrâncias de flores para diversos fins, entre os quais a produção de perfumes e cosméticos.

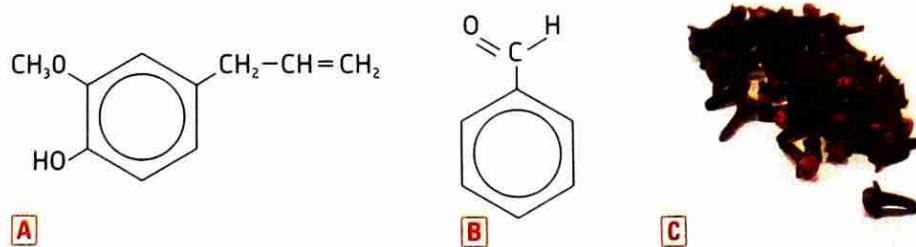


Fig. 1 – O eugenol (A), um fenol, e o benzaldeído (B), um aldeído, são duas substâncias que estão presentes no cravo-da-índia (C) e que lhe conferem as suas propriedades tão características.

No mesmo contexto, o reino animal também é bem conhecido das grandes empresas de perfumaria, sobretudo por causa da civetona e da muscona, substâncias naturais, retiradas da glândula que se localiza no recto de dois animais diferentes, e que serviram durante muito tempo como fixadores em perfumaria, até serem substituídas pela civetona e muscona sintéticas. A civetona e a muscona pertencem ao grupo funcional das cetonas.

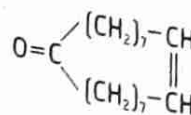
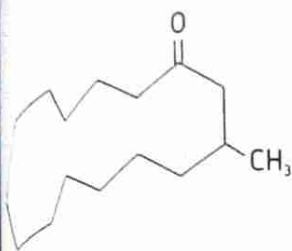


Fig. 2 – (A) Os animais da espécie *Moschus moschiferus* segregam a muscona e (B) os animais da espécie *Civettictis civetta*, existentes em toda a África Central e Austral, segregam a civetona.

B

Nesta unidade vamos conhecer estes dois grupos funcionais da Química Orgânica – os aldeídos e as cetonas – e iremos estudá-los de um modo comparativo.

2. Aldeídos e cetonas – compostos com o grupo carbonilo

2.1. Definição dos aldeídos e das cetonas

Os aldeídos e as cetonas pertencem a um grupo de substâncias orgânicas que possuem na sua composição um ou mais conjuntos formados por um átomo de oxigénio ligado exclusivamente a um átomo de carbono da cadeia carbónica. Este conjunto ou grupo designa-se por **grupo carbonilo** ($C = O$).

Os aldeídos e as cetonas são compostos orgânicos que apresentam na sua estrutura um ou mais grupos carbonilo ($C = O$).

2.2. Grupo funcional, fórmula geral, série homóloga e propriedades gerais dos aldeídos e das cetonas

▶ Aldeídos

A presença do grupo carbonilo na extremidade de uma cadeia carbónica caracteriza os **aldeídos**. Nestes compostos, o carbono ao qual o oxigénio se encontra ligado também se liga a um átomo de carbono da cadeia e a um átomo de hidrogénio, totalizando quatro ligações químicas.

Os aldeídos são genericamente representados pela fórmula geral $R-CHO$, onde R é um radical alquilo, ou pela fórmula $Ar-CHO$, onde Ar é um radical aromático. Apesar de muitas propriedades serem determinadas pelo grupo funcional $-CHO$, só nos iremos debruçar mais no estudo dos aldeídos alifáticos, sem contudo excluirmos, em certos casos importantes, exemplos de aldeídos aromáticos.

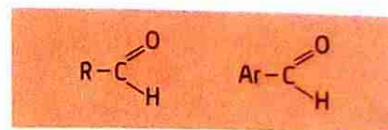
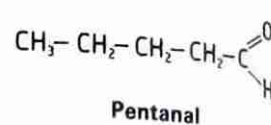
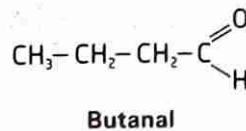
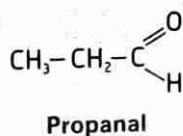
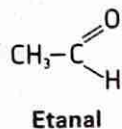
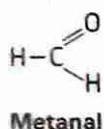
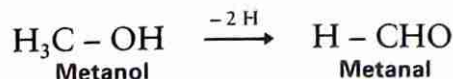


Fig. 3 – O grupo funcional que caracteriza os aldeídos pode ter a ele ligado um radical alquilo (R) ou um radical aromático (Ar).

Como acontece nos alcanos e outras funções orgânicas, os aldeídos alifáticos formam uma série homóloga que se inicia com o metanal. Repara que se substituirmos um dos hidrogénios do metanal por um grupo metilo, $-\text{CH}_3$, obtemos o etanal e se for por um grupo etilo, $-\text{C}_2\text{H}_5$, teremos o propanal e assim sucessivamente.



Nota que, em qualquer um dos casos, a fórmula química dos aldeídos mostra que estes correspondem ao respectivo álcool com dois átomos de hidrogénio a menos. Na verdade, a designação aldeído é de origem latina *alcoholus dehydrogenatus* que significa álcool desidrogenado:



Os aldeídos são compostos orgânicos que possuem o grupo carbonilo na extremidade da cadeia carbónica.

► Cetonas

De igual modo, tal como acontece com os aldeídos, as cetonas são substâncias orgânicas que também apresentam o grupo carbonilo ($\text{C}=\text{O}$). Porém, no caso destas, o carbono ao qual se liga o oxigénio é secundário. A fórmula geral das cetonas é um grupo carbonilo ligado a dois radicais que podem ser R ou Ar, consoante estes sejam alquílos ou aromáticos.

A série homóloga das cetonas alifáticas inicia-se com a propanona, vulgarmente conhecida por acetona, seguindo-se a butanona e as restantes.



Fig. 4 – O grupo funcional que caracteriza as cetonas pode ter a ele ligado radicais alquílo (R e R') ou radicais aromáticos (Ar e Ar').

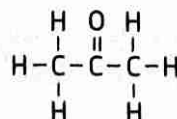
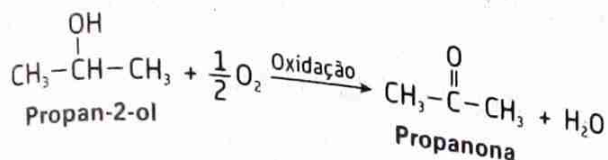


Fig. 5 – A acetona (propanona) é o primeiro membro da série homóloga das cetonas e é muito utilizada no nosso dia-a-dia como, por exemplo, removedor de verniz das unhas.

Podemos também definir as cetonas como substâncias que derivam da oxidação de álcoois secundários.

Vejam os:



Como se pode deduzir dos primeiros membros da série homóloga das cetonas simples que estão representados na tabela que se segue, dois membros vizinhos da série diferenciam-se por um grupo $-\text{CH}_2-$. A mesma série mostra que nestes compostos também é muito comum o fenómeno da isomeria de posição.

NOME DA CETONA	FÓRMULA DE ESTRUTURA
Propanona	$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$
Butanona	$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
Pentan-2-ona	$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
Pentan-3-ona	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
Hexan-2-ona	$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
Hexan-3-ona	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

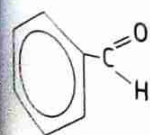
As cetonas são compostos orgânicos que possuem o grupo carbonilo no meio da cadeia carbónica.

2.3. Ocorrência, obtenção e aplicações dos aldeídos e das cetonas

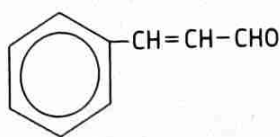
▶ Aldeídos

Como já referimos, existem aldeídos que ocorrem na Natureza em essências de flores e frutos, de onde podem ser extraídos.

Por exemplo, o **benzaldeído**, já mencionado anteriormente, faz parte da composição das **amêndoas amargas** e o **cinamaldeído** ocorre na **canela**.



Benzaldeído



Cinamaldeído



Fig. 6 – O benzaldeído está presente na constituição, por exemplo, das amêndoas amargas.

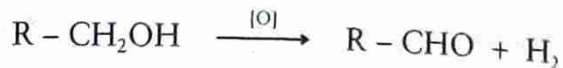
Fig. 7 – O cinamaldeído está presente na constituição, por exemplo, da canela.

Artificialmente, os aldeídos são obtidos de várias formas. As mais usuais são:

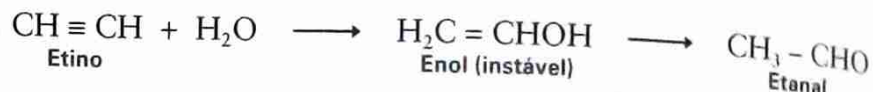
- Oxidação directa de hidrocarbonetos



- Oxidação ou desidrogenação de álcoois primários



- Hidratação de alcinos



- Hidrólise de haletos



- Redução de cloretos ácidos (reação de Rosenmund)



Fig. 8 - Os aldeídos são muito usados (A) como conservantes e (B) no fabrico de perfumes sintéticos.

O metanal, devido às suas propriedades, é usado muitas vezes como desinfectante e conservante. Os aldeídos de maior massa molecular, que possuem de 8 a 12 átomos de carbono, são muito utilizados na indústria de cosméticos, nomeadamente, no fabrico de perfumes sintéticos.

► Cetonas

Tal como acontece com os aldeídos, as **cetonas** também ocorrem na Natureza nas flores e nos frutos, entre comestíveis e medicinais, como, por exemplo, na framboesa e na lavanda. Um outro exemplo curioso é o cheiro das pipocas que é causado por uma cetona.

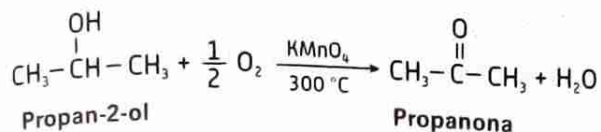


Fig. 9 - Na Natureza, as cetonas estão presentes, por exemplo, (A) nas framboesas, (B) na lavanda e (C) nas pipocas.

A muscona e a civetona, que já conhecemos, são exemplos que nos mostram que as cetonas também ocorrem no reino animal.

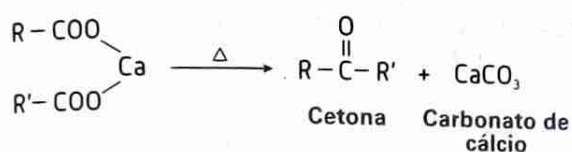
No entanto, as cetonas podem ser obtidas artificialmente de várias formas. As formas mais usuais são:

• Oxidação ou desidrogenação de álcoois secundários

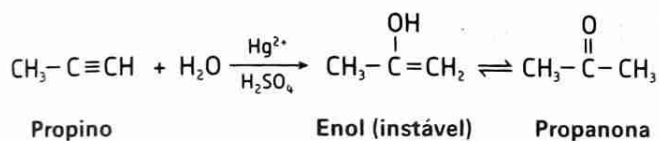


Como se pode verificar, um átomo de hidrogénio (ligado ao oxigénio no grupo hidroxilo do álcool) é retirado e o átomo de oxigénio passa a fazer uma ligação dupla com o carbono da cadeia.

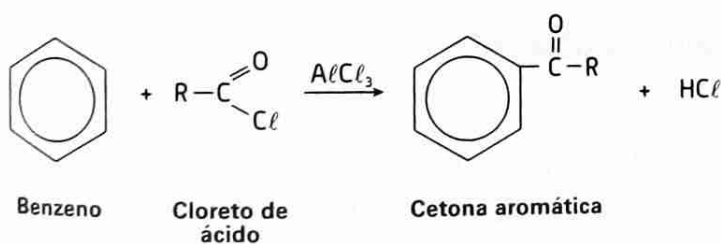
• Método de Piria – aquecimento de sais de cálcio ou bário



• Hidratação de alcinos superiores



• Síntese de Friedel-Crafts – obtenção de cetonas aromáticas



As cetonas constituem também um grande grupo de substâncias químicas com propriedades especiais, sendo por isso muito empregues na indústria de perfumes (como fixador), como solventes de tintas, vernizes, esmaltes, graxas, lacas, etc.

Também são usadas no fabrico de medicamentos hipnóticos (clorotona) e de pólvora sem fumaça, na extracção de óleos e gorduras, na preparação de sedas artificiais, celulósidos, corantes, na síntese orgânica (produz anidridos), na indústria de alimentos (como aromatizantes) e na indústria farmacêutica.

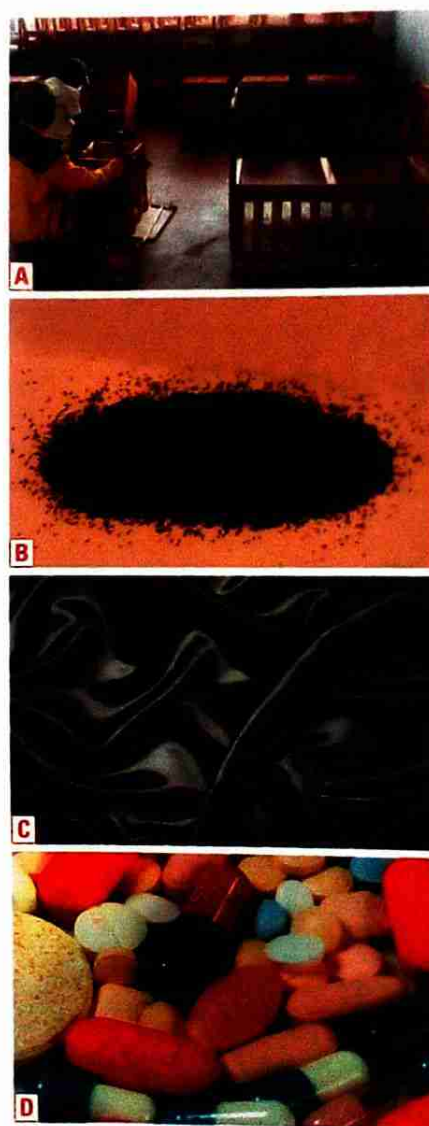


Fig. 10 – Alguns exemplos de aplicações das cetonas: no fabrico de (A) vernizes, (B) pólvora sem fumaça, (C) seda artificial e (D) fármacos.

Tanto os aldeídos como as cetonas ocorrem na Natureza nas flores e nos frutos, sendo variadas as suas aplicações.

2.4. Nomenclatura dos aldeídos e das cetonas

► Aldeídos

Os aldeídos mais simples são designados a partir dos ácidos carboxílicos correspondentes.

Assim, como acontece com o formaldeído (do ácido fórmico) ou com o acetaldeído (do ácido acético), o composto derivado do ácido butírico é chamado de aldeído butírico ou butiraldeído. Esta nomenclatura é designada por comum.

Segundo a nomenclatura da IUPAC, o nome de um aldeído é obtido substituindo-se a letra “o” da terminação **-ano** do hidrocarboneto correspondente pela terminação **-al**. Nos compostos que apresentam ramificações, considera-se como principal a cadeia carbónica que contém o grupo carbonilo, iniciando-se nele a numeração.

Exemplos:

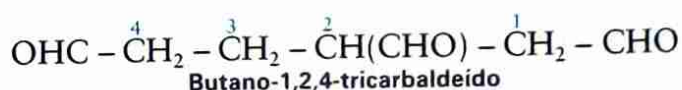
NOME	FÓRMULA DE ESTRUTURA
Metanal	H - CHO
Propanal	CH ₃ - CH ₂ - CHO
Butanodial	OHC - CH ₂ - CH ₂ - CHO

Nota: A numeração não é necessária, já que a função dos aldeídos só pode estar na extremidade da cadeia.

Quando não for possível usar a forma de sufixo, há ainda duas alternativas:

- Usar o sufixo **-carbaldeído**.

Exemplo:



Nota: Os grupos carbonilo são excluídos da cadeia carbónica e considerados como substituintes.

- Usar o prefixo **formil-**.

Exemplo:



Nota: Os grupos carbonilo das extremidades entram na cadeia carbónica e o do meio é considerado como substituinte.

► Cetonas

A nomenclatura das cetonas é similar à dos aldeídos. Neste caso, substitui-se a letra “o” da terminação **-ano** do hidrocarboneto correspondente pela terminação **-ona**. Segundo a IUPAC, a numeração da

Actividades

1. Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.

Os aldeídos e as cetonas ocorrem na Natureza...

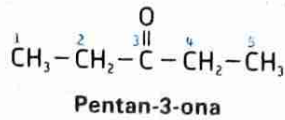
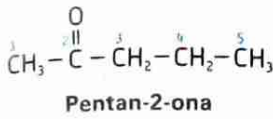
- (A) ... nos minerais.
- (B) ... na atmosfera.
- (C) ... nas flores e nos frutos.
- (D) ... nas rochas.

2. Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.

A terminação dos aldeídos e das cetonas, segundo a IUPAC, é respectivamente...

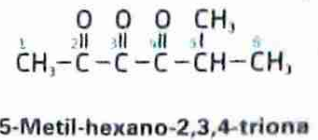
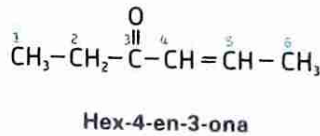
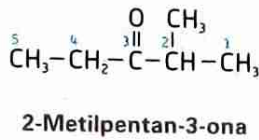
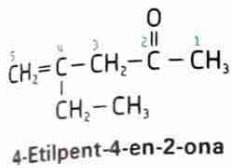
- (A) ... -ona e -ol.
- (B) ... -ol e -ona.
- (C) ... -al e -ona.
- (D) ... -al e -ol.

a cadeia carbônica deve começar na extremidade mais próxima do grupo carbonilo.

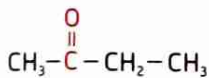


Em cetonas insaturadas, a posição do grupo carbonilo deve aparecer entre o prefixo de insaturação (-en ou -in) e o sufixo que designa a função (-ona).

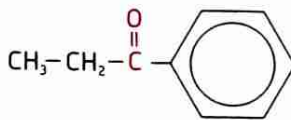
Os exemplos que se seguem são elucidativos.



Existe também uma **nomenclatura usual** em que o grupo C=O é denominado cetona e os seus radicais são designados *a posteriori* por ordem alfabética.



Cetona etílica e metílica



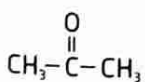
Cetona etílica e fenílica

2.5. Isomeria nos aldeídos e nas cetonas

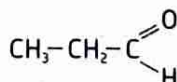
► Isomeria de função

A isomeria de função ocorre entre os aldeídos e as cetonas pelo facto de ambos possuírem o grupo carbonilo. Assim, um aldeído e uma cetona com o mesmo número de carbonos têm a mesma fórmula molecular, mas apresentam funções químicas e propriedades diferentes.

Por exemplo, a propanona (cetona) e o propanal (aldeído) apresentam a mesma fórmula molecular (C₃H₆O), contudo as suas funções são diferentes. Por isso são considerados isómeros de função.



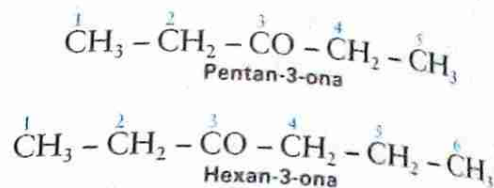
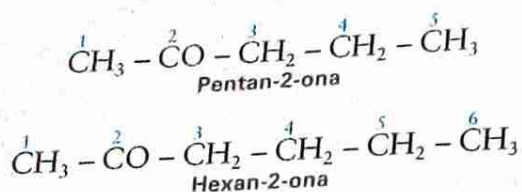
Propanona ou acetona (cetona)



Propanal (aldeído)

► **Isomeria de posição**

Como já foi referido anteriormente, nas cetonas, a partir da pentanona, é muito comum a isomeria de posição.



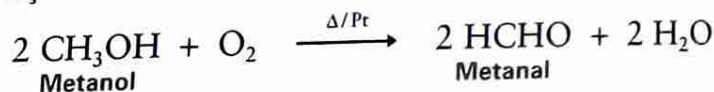
2.6. Principais representantes dos grupos funcionais dos aldeídos e das cetonas

2.6.1. Metanal e etanal – representantes dos aldeídos

► Metanal

O **formaldeído** é um dos produtos químicos de uso actual mais comuns. É o aldeído mais simples, de fórmula molecular CH_2O e nome oficial IUPAC **metanal**. Trata-se de um gás em condições normais de pressão e temperatura (ponto de ebulição de $-21\text{ }^\circ\text{C}$) e tem odor picante. É solúvel em água, cuja solução contendo 40% de formaldeído é vendida com a designação de **formol**.

Industrialmente, o metanal é obtido através do processo de oxidação ou desidrogenação do metanol, de acordo com a seguinte equação de reacção:



O formaldeído é usado no fabrico de resinas e plásticos (baquelite), medicamentos, explosivos, entre outros produtos. Na forma de solução – **formol** – é usado como desinfectante, na conservação de cadáveres e peças anatómicas, como preservante de madeira, como alisante de cabelo e endurecedor de unhas na indústria cosmética, entre outras utilizações.

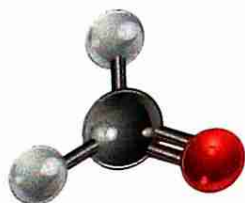


Fig. 11 – Modelo da molécula de metanal.



Fig. 12 – Algumas aplicações do metanal: na indústria cosmética é usado como (A) alisante de cabelo e (B) endurecedor de unhas.

Perigos para a saúde

Ao tratarmos os álcoois vimos os efeitos do formaldeído que se forma ao nível do fígado devido ao consumo inadvertido do metanol.

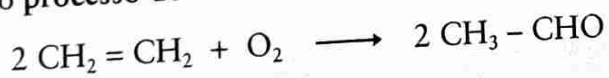
O formaldeído em concentrações acima do limite ($0,12 \text{ mg/m}^3$) é classificado como causador de cancro e tem sido relacionado com o cancro nasal e dos pulmões e, possivelmente, o cancro cerebral e leucemia. Por essa razão o seu uso como alisante para o cabelo e a sua aplicação em cosméticos devem ser usados com muita precaução senão mesmo proibidos. Os seus malefícios são inúmeros não só para os cabeleireiros, devido à frequente exposição, como também para os seus clientes pelo tratamento com o produto. O vapor produzido pelo uso do secador, mesmo em concentrações baixas, pode levar a moléstias cancerígenas, mesmo sem previamente aparentar sintomas.

Como deves saber, as pessoas usam uma série de cosméticos com a intenção de evitarem o envelhecimento da pele. Porém, o formaldeído presente nesses produtos (0,2%) agride a pele e provoca o seu envelhecimento precoce.

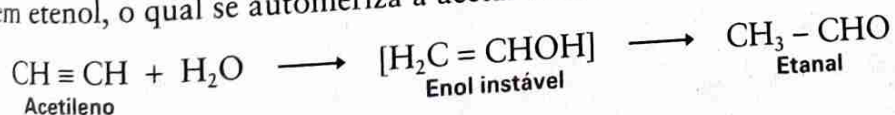
▶ Etanal

O etanal ou acetaldeído, aldeído de fórmula química $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, é um líquido incolor, volátil, de odor característico e que ferve aproximadamente à temperatura ambiente. Na Natureza ele ocorre nas plantas contribuindo para o odor das frutas maduras. É também o produto metabólico primário do etanol na sua rota de conversão a ácido acético no organismo. É produzido por uma enzima que ocorre principalmente no fígado.

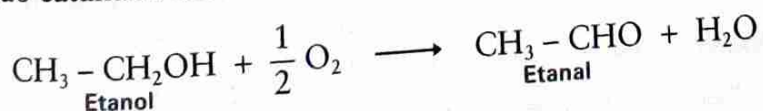
O principal método de produção artificial de etanal é a oxidação de eteno pelo processo de Wacker:



Também pode ser obtido pela hidratação de acetileno, que resulta em etenol, o qual se automeriza a acetaldeído:



É ainda preparado, em pequena escala, pela desidrogenação ou oxidação catalítica moderada do etanol:



O aldeído acético (acetaldeído ou etanal) é usado principalmente na obtenção do etanol, do ácido acético e da acetona (ou propa- nona). Possui ainda outras aplicações importantes, como na redução

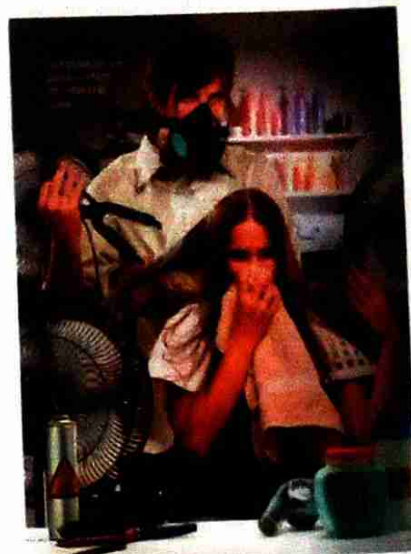


Fig. 13 – Campanha publicitária contra o uso de produtos cosméticos contendo formol.

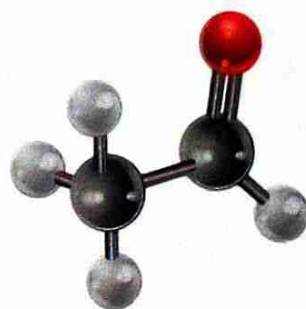


Fig. 14 – Modelo da molécula de etanal.

dos sais de prata no processo de fabrico de espelhos, na produção de resinas sintéticas e de corantes e na conservação de frutas.



Fig. 15 – Algumas aplicações do etanal: na produção de (A) etanol e de (B) ácido acético e (C) na redução dos sais de prata no processo de fabrico de espelhos.

2.6.2. Acetona ou propanona – representante das cetonas

A acetona, também conhecida como propanona ou dimetilcetona, é um líquido de odor característico, inflamável e que se dissolve tanto em água como em solventes orgânicos.

Essa característica permite utilizá-la como solvente de tintas, vernizes e esmaltes. É também usada na indústria alimentícia, para extrair óleos e gorduras de sementes de plantas como o amendoim, a soja e o girassol, na indústria farmacêutica e na indústria de explosivos. O acetileno, por exemplo, é transportado de modo seguro em botijas dissolvido em acetona, pois ao dissolver-se bem nesta evita a sua explosão a altas pressões.

A acetona também é usada como um agente secante, devido à facilidade com que evapora com a água quando misturada nela.

Como deves saber, a acetona é muito usada na remoção do verniz das unhas.

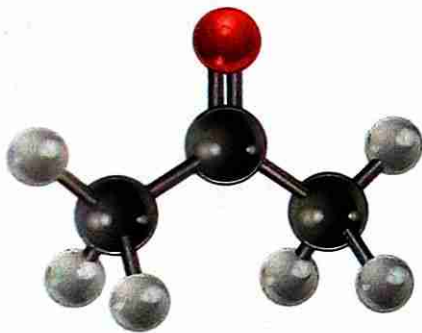


Fig. 16 – Modelo da molécula de acetona.



Fig. 17 – Algumas aplicações da acetona: é usada na extração de óleos de plantas e sementes como (A) o amendoim e (B) o girassol, (C) na indústria farmacêutica e (D) como removedor de verniz das unhas.

Efeitos fisiológicos

Pequenas quantidades de acetona são metabolicamente produzidas no corpo, principalmente a partir da gordura. Nos humanos, engordar aumenta significativamente a produção endógena da mesma. Em pessoas que sofrem de diabetes, o teor de acetona pode ser elevado,

chegando a ser detectado na urina ou até mesmo no hálito do paciente.

A exposição à acetona exógena pode tornar-se crónica devido à contaminação por esta da água, de alimentos, como o leite, ou do ar, pois a acetona é muito volátil. A ingestão accidental de grandes quantidades de acetona pode levar à inconsciência ou até mesmo à morte. Estudos feitos com animais mostram que a acção da acetona no organismo, devida a uma longa exposição a esta, causa danos nos rins, fígado e nervos, bem como leva ao aumento de deformações congénitas e à redução da capacidade de reprodução dos machos. Não se sabe, no entanto, se estes mesmos sintomas ocorrem nos seres humanos.

2.7. Propriedades físicas e químicas dos aldeídos e das cetonas

► Propriedades físicas

Aldeídos

O primeiro membro da série, o metanal (CH_2O), é um gás de cheiro irritante. Os restantes aldeídos, a partir do etanal ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$) até ao $\text{C}_{15}\text{H}_{30}\text{O}$, são líquidos e os demais são sólidos.

Devido à elevada electronegatividade do oxigénio na molécula, a ligação química entre este e o carbono é polar, causando deste modo a solubilidade dos aldeídos mais leves em água. Tal como nos álcoois, a solubilidade decresce com o aumento da cadeia carbónica na série homóloga e os primeiros cinco membros da série são solúveis em água.

Os pontos de ebulição também se elevam com o aumento da massa molecular, porém, são mais baixos que o dos álcoois com o mesmo número de carbonos. Os aldeídos são, contudo, menos densos que os álcoois correspondentes, visto as suas moléculas não poderem estabelecer ligações por pontes de hidrogénio.

Os aldeídos ocorrem na Natureza tanto nas flores como nos frutos das plantas. Os de menor massa molecular apresentam um odor irritante, mas à medida que a massa aumenta este torna-se agradável.

Cetonas

As cetonas de C_3 até C_{10} são líquidos incolores, de cheiro agradável, forte e característico.

Devido à polaridade do grupo carbonilo, apresentam solubilidade em água, principalmente a propanona. Contudo, à medida que aumenta a cadeia carbónica a solubilidade diminui. Já as cetonas de massa molecular elevada são sólidas totalmente insolúveis em água.

Assim, verifica-se que as cetonas são mais solúveis em água e têm pontos de ebulição (P.E.) mais altos do que seus isómeros aldeídos, devido ao facto de as cetonas serem mais fortemente polarizadas.

Actividades

1. Quais são os principais representantes dos aldeídos e das cetonas?
2. Que outro nome se pode dar...
 - a) ... ao metanal?
 - b) ... ao etanal?
 - c) ... à propanona?

Na tabela que se segue estão representadas, de forma comparativa, algumas propriedades dos aldeídos e das cetonas.

NOME DA SUBSTÂNCIA	PONTO DE FUSÃO (°C)	PONTO DE EBULIÇÃO (°C)	SOLUBILIDADE (g de soluto/100 g de água)
Metanal	-92	-21	Miscível
Etanal	-121	20	Miscível
Propanal	-81	49	16
Butanal	-99	76	7
Propanona	-95	+56,1	Miscível
Butanona	-86	+80	26

► Comparação entre as propriedades químicas dos aldeídos e das cetonas

De um modo geral, tanto os aldeídos como as cetonas são substâncias reactivas, devido à presença do grupo carbonilo que é polar.



Porém, os aldeídos são mais reactivos do que as cetonas. Esta diferença na reactividade pode ser observada com base em certas reacções químicas. Por exemplo, enquanto os aldeídos reagem com oxidantes relativamente fracos, as cetonas podem somente ser oxidadas por oxidantes muito fortes, como o $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ e o KMnO_4 , em meio ácido (H_2SO_4), quebrando a cadeia e formando ácidos de cadeias mais curtas.

Tanto os aldeídos como as cetonas reagem com vários outros reagentes. No entanto, nesta fase iremos somente abordar algumas reacções que lhes são comuns.

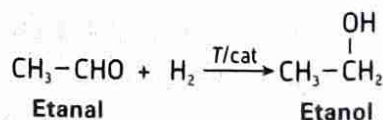
Aldeídos

A maior reactividade dos aldeídos é caracterizada pela presença do hidrogénio no grupo funcional ($-\text{CHO}$). Deste modo, os aldeídos podem ser facilmente oxidados. Por outro lado, também podem ser reduzidos. Por apresentarem estas duas propriedades são considerados redox-anfotéricos.

Assim, as reacções mais comuns dos aldeídos são:

• Reacção de redução

Ocorre por hidrogenação e formam-se álcoois primários.



Actividades

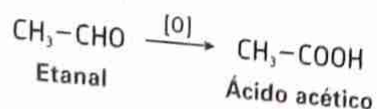
- De um modo geral, os aldeídos e as cetonas são compostos reactivos.

Indica, justificando, qual a razão de serem reactivos e qual dos dois é mais reactivo.

- Em relação à sua solubilidade em água, compara os aldeídos e as cetonas.

• Reacção de oxidação

A oxidação dos aldeídos leva à formação de ácidos.

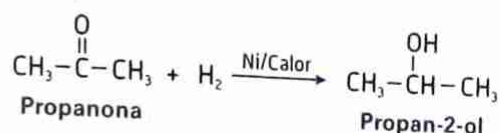


Cetonas

Nas cetonas não existe nenhum hidrogénio no grupo funcional, tornando-as menos reactivas que os aldeídos. Tal facto faz com que não possam ser oxidadas com facilidade. As reacções mais comuns das cetonas são:

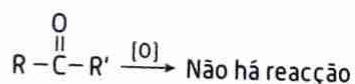
• Reacção de redução

Ocorre por hidrogenação e é sempre catalisada. A partir dela formam-se os respectivos álcoois secundários.

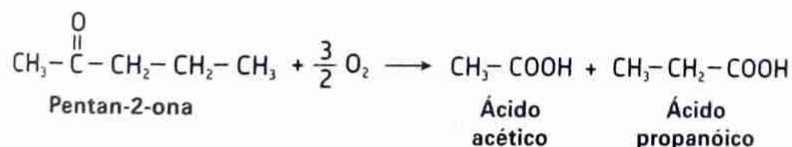


• Reacção de oxidação

As cetonas não reagem na presença de oxidantes fracos.



Assim, a oxidação das cetonas só ocorre quando são usados oxidantes fortes. Neste caso, a cadeia carbónica é quebrada no carbono do grupo carbonilo e formam-se ácidos de cadeias mais curtas.



► Identificação dos aldeídos e das cetonas

A diferença na reactividade entre aldeídos e cetonas permite distinguir e identificar estas substâncias. Assim, os aldeídos podem ser identificados por reacções com redutores dos quais se salientam o reagente de Tollens e o reagente, solução ou licor de Fehling. As cetonas não apresentam essa reacção.

R-CHO (aldeído) + Reagentes de Tollens ou Fehling \longrightarrow Ocorre reacção

$\text{R-CO-R}'$ (cetona) + Reagentes de Tollens ou Fehling \longrightarrow Não há reacção

Actividades

1. Distingue as reacções de redução e de oxidação que ocorrem nos aldeídos das que ocorrem nas cetonas.
2. Para que servem os testes com os reagentes de Tollens ou Fehling?

Os **aldeídos** e as **cetonas** são conhecidos e utilizados pelo ser humano há milênios, pois ocorrem na natureza nas flores e nos frutos, como, por exemplo, no cravo-da-índia, nas amêndoas amargas, na tramboesa e na lavanda.

Os aldeídos e as cetonas são compostos orgânicos que apresentam na sua estrutura um ou mais **grupos carbonilo (C=O)**.

O **grupo carbonilo** consiste num átomo de carbono e outro de oxigênio unidos por uma ligação dupla. Nete oxigênio compartilha dois dos seus elétrons de valência com o carbono.

Os **aldeídos** são compostos orgânicos que possuem o **grupo carbonilo na extremidade da cadeia carbônica**.

As **cetonas** são compostos orgânicos que possuem o **grupo carbonilo no meio da cadeia carbônica**.

Os **aldeídos** ocorrem na natureza em essências de flores e frutos, de onde podem ser extraídos. Artificialmente, os aldeídos são obtidos de várias formas. As mais usuais são: a **oxidação directa de hidrocarbonetos**, a **oxidação ou desidrogenação de álcoois primários**, a **hidratação de alcinos**, a **hidrólise de haletos** e a **redução de cloretos ácidos (reação de Rosenmund)**.

Os **aldeídos** têm aplicações como desinfectantes e conservantes e são usados na indústria de cosméticos, nomeadamente, no fabrico de perfumes sintéticos.

As **cetonas** também ocorrem na natureza nas flores e nos frutos. Artificialmente, as cetonas podem ser obtidas de várias formas. As formas mais usuais são: a **oxidação ou desidrogenação de álcoois secundários**, o **método de Piria** – **aquecimento de sais de cálcio ou bário**, a **hidratação de alcinos superiores** e a **síntese de Friedel-Crafts** – **obtenção de cetonas aromáticas**.

As **cetonas** têm aplicações na indústria de perfumes (como fixador), como solventes de tintas, vernizes, esmaltes, graxas, lacas, etc., no fabrico de medicamentos hipnóticos e de pólvora sem fumaça, na extração de óleos e gorduras, na preparação de sedas artificiais, celulósidos, corantes, na síntese orgânica (produz anidridos), na indústria de alimentos (como aromatizantes) e na indústria farmacêutica.

Segundo a nomenclatura da IUPAC:

• O nome de um **aldeído** é obtido substituindo-se a letra "o" da terminação -ano do hidrocarboneto correspondente pela terminação **-al**; a numeração da cadeia carbônica deve iniciar-se no grupo carbonilo.

• O nome de uma **cetona** é obtido substituindo-se a letra "o" da terminação -ano do hidrocarboneto correspondente pela terminação **-ona**; a numeração da cadeia carbônica deve começar na extremidade mais próxima do grupo carbonilo.

Os **aldeídos** e as **cetonas** possuem **isomeria de função**. As **cetonas** possuem ainda **isomeria de posição** do grupo carbonilo.

O **metanal (formaldeído)** ou **formol** quando em solução) e o **etanal (acetaldeído)** são os principais representantes dos aldeídos. A **propanona (acetona)** é o principal representante das cetonas.

O **grupo carbonilo é polar** devido à diferença de electronegatividade entre o carbono e o oxigênio. Como resultado disso os **aldeídos** e as **cetonas** apresentam **pontos de ebulição e de fusão mais elevados** que os alcanos correspondentes. Como os compostos com o grupo carbonilo não podem formar ligações por pontes de hidrogénio, apresentam pontos de fusão e de ebulição mais baixos que os álcoois correspondentes.

Os **aldeídos** e as **cetonas** com massa molecular baixa são solúveis em água.

O facto de os **aldeídos** terem presente o hidrogénio no grupo funcional torna-os **mais reactivos** que as **cetonas**. Os aldeídos são bons redutores e as cetonas não. Por isso é possível diferenciar facilmente um aldeído de uma cetona pela reacção com o reagente de Tollens ou com o reagente de Fehling.

O **reagente de Tollens** é uma solução alcalina de nitrato de prata. O **reagente de Fehling** é uma solução alcalina de Cu^{2+} em presença de tartarato de sódio e potássio. **Ambos servem para testar aldeídos**.

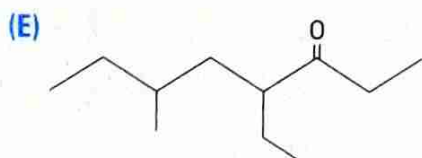
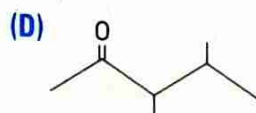
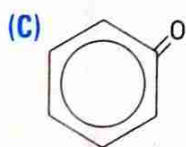
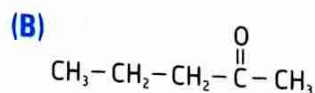
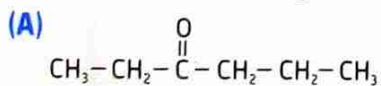
A **redução dos aldeídos** conduz à formação de **álcoois primários**, enquanto a **redução das cetonas** conduz à formação de **álcoois secundários**.

A **oxidação dos aldeídos** leva à formação de **ácidos carboxílicos**. A **oxidação das cetonas** só ocorre quando estas reagem com **oxidantes fortes** e a reacção conduz à ruptura da cadeia carbônica formando-se **ácidos carboxílicos de cadeia menor**.

Os **primeiros membros** das séries alifáticas **dos aldeídos e das cetonas são solúveis em água**. Porém com o aumento da cadeia carbônica essa solubilidade diminui.

Actividades

- Como se pode definir o grupo carbonilo?
- Escreve a fórmula de estrutura do composto cujo nome é:
2-bromo-4-metilpentanal
- O que são cetonas?
- Indica dois métodos para a obtenção de cetonas.
- O grupo carbonilo é comum nos compostos orgânicos, quer naturais quer artificiais.
 - Indica duas funções (famílias) onde este grupo se encontra presente.
 - Escreve as fórmulas gerais dessas duas funções orgânicas para cadeias alifáticas saturadas.
- Dá os nomes IUPAC aos seguintes compostos.
 - $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$
 - $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$
- Escreve as fórmulas de estrutura dos seguintes compostos.
 - Pentanal
 - 3,4,5-Trimetil-hexanal
 - Formaldeído
 - Etanal
- Escreve as fórmulas de estrutura e moleculares dos seguintes compostos.
 - Heptan-2-ona
 - Ciclobutanona
 - 3,3-Dimetil-hexan-2-ona
 - 4-Etil-2-metil-hexanona
 - Ciclo-hexanona
 - Etilpropilcetona
- Escreve todas as fórmulas de estrutura das cetonas alifáticas normais que apresentam fórmula molecular $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$.
- Escreve as fórmulas de estrutura e molecular do composto cujo nome é:
4-metil-hex-3-en-2-ona.
- Dá o nome IUPAC às seguintes cetonas.



- Menciona duas semelhanças e duas diferenças entre aldeídos e cetonas.

13. Explica por que razão os seguintes nomes são incorrectos segundo a IUPAC.

- (A) 5-Hexanona
- (B) 1-Butanona
- (C) 3-Etilbutanal
- (D) 1-Metilpropanal

14. Que produtos podem ser obtidos quando se faz a oxidação...

- a) ... do metanal?
- b) ... do pentanal?
- c) ... da propanona?
- d) ... da etilpropilcetona?

15. Uma mole de um composto orgânico reage com 4 moles de oxigénio formando 3 moles de dióxido de carbono e 3 moles de água.

- a) Qual é a fórmula molecular desse composto?
- b) Indica as possíveis fórmulas de estrutura e nomeia-as.
- c) Escreve a equação da reacção de redução dos compostos da alínea **b**).
- d) Escreve a equação da reacção de oxidação dos compostos da alínea **b**).
- e) Escreve as reacções que permitem distinguir os compostos referidos na alínea **b**).

16. Que produtos podem ser obtidos quando se faz a oxidação enérgica...

- a) ... da butanona?
- b) ... da acetona?

17. Como farias para distinguir os compostos isoméricos com o grupo carbonilo de fórmula molecular C_4H_8O através de um teste simples?

18. Escreve o que se verifica quando se adiciona:

- a) aldeído + reagente de Fehling;
- b) cetona + reagente de Tollens;
- c) aldeído + reagente de Tollens;
- d) cetona + reagente de Fehling.

19. Refere três aplicações para cada uma das seguintes famílias:

- a) aldeídos;
- b) cetonas.

20. Classifica as seguintes afirmações em verdadeiras (V) ou falsas (F).

- (A) O grupo carbonilo é característico dos ácidos carboxílicos.
- (B) A terminação dos aldeídos, segundo a IUPAC, é -al.
- (C) No grupo carbonilo, o oxigénio liga-se ao carbono por uma ligação dupla.
- (D) A propanona e a acetona representam o mesmo aldeído.
- (E) Nas cetonas, o grupo carbonilo encontra-se no meio da cadeia carbónica.
- (F) Nas cetonas, o grupo carbonilo encontra-se na extremidade da cadeia carbónica.
- (G) A terminação das cetonas, segundo a IUPAC, é -óico.
- (H) Os aldeídos e as cetonas ocorrem na Natureza nas flores e nos frutos.
- (I) Nos aldeídos o carbono do grupo carboxilo é secundário.
- (J) O reagente de Tollens serve para identificar aldeídos.

Agora vou experimentar

► EXPERIÊNCIA 1

IDENTIFICAÇÃO DE ALDEÍDOS

MATERIAIS:

- Gobelé de 250 cm³
- Placa de aquecimento
- Tubos de ensaio
- Proveta de 10 mL
- Conta-gotas

REAGENTES:

- Formol
- Etanal
- Benzaldeído
- Acetona
- Reagentes de Fehling I e II
- Reagente de Tollens

PROCEDIMENTO 1:

1. Colocar água num gobelé e aquecer na placa de aquecimento até à fervura.
2. Num tubo de ensaio misturar 3 mL do reagente de Fehling I com 3 mL do reagente de Fehling II.
3. De seguida, adicionar 10 gotas de formol sob agitação ao tubo de ensaio.
4. Sempre sob agitação, colocar o tubo de ensaio no gobelé contendo a água em banho-maria fervente.
5. Repetir a experiência usando os restantes aldeídos.
6. Observar atentamente e anotar as observações.
7. Tirar as devidas conclusões.

PROCEDIMENTO 2:

1. Colocar água num gobelé e aquecer na placa de aquecimento até à fervura.
2. Num tubo de ensaio misturar 4 mL de uma solução amoniacal de nitrato de prata (reagente de Tollens) com 1 mL de formol sob agitação.
3. Sempre sob agitação, colocar o tubo de ensaio no gobelé contendo a água em banho-maria fervente.
4. Repetir a experiência usando os restantes aldeídos.
5. Observar atentamente e anotar as observações.
6. Tirar as devidas conclusões.

PROCEDIMENTO 3:

Efectuar os procedimentos 1 e 2 substituindo os aldeídos pela acetona.

EXPERIÊNCIA 2

PROPRIEDADE DISSOLVENTE DA ACETONA

MATERIAIS:

- Algodão
- Quadro branco

REAGENTES:

- Verniz das unhas
- Caneta de tinta permanente
- Acetona
- Água

PROCEDIMENTO 1:

1. Colocar um pouco de verniz numa unha e deixar secar.
2. No fim da aula molhar um bocado de algodão com acetona e passar cuidadosamente sobre a unha envernizada.
3. Observar atentamente e anotar as observações.
4. Tirar as devidas conclusões.

PROCEDIMENTO 2:

1. Escrever com uma caneta de tinta permanente uma frase num quadro branco.
2. Depois de secar, molhar um pedaço de algodão com água e tentar limpar o quadro.
3. De seguida, molhar um pedaço de algodão com acetona e tentar limpar o quadro.
4. Observar atentamente e anotar as observações.
5. Tirar as devidas conclusões.

RESPONDE ÀS SEGUINTESS QUESTÕES:

1. Na experiência 1, porque é que se aquece em banho-maria?
2. Que propriedade se pretende analisar nos procedimentos da experiência 1?
3. Com base nas experiências indica as propriedades da acetona.
4. Como se remove o espelho de prata dos tubos de ensaio?
5. Que cuidados deves ter durante a operação referente à questão anterior?

6

ÁCIDOS CARBOXÍLICOS E ÉSTERES

Vou aprender

- A definir e classificar os ácidos carboxílicos e os ésteres
- A saber distinguir as diferentes formas de nomenclatura dos ácidos carboxílicos e dos ésteres (IUPAC e usual)
- A escrever a fórmula geral dos ácidos carboxílicos e dos ésteres
- A mencionar a ocorrência, propriedades e aplicações dos ácidos carboxílicos e dos ésteres
- A indicar os principais métodos de obtenção dos ácidos carboxílicos e dos ésteres bem como a forma como se escrevem as respectivas equações químicas
- A identificar ácidos carboxílicos em laboratório e testar as suas propriedades
- A realizar experiências sobre a obtenção de ésteres
- A classificar os glicerídeos (óleos e gorduras) e a mencionar os seus efeitos no organismo
- A indicar o conceito, as propriedades e as aplicações dos sabões e dos detergentes
- A escrever as equações das reacções de transformação entre hidrocarbonetos, haletos orgânicos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos e ésteres

1. Introdução

Do limão já conheces o ácido cítrico pelo seu sabor azedo. Também já deves saber que se se deixar o vinho por muito tempo aberto, este torna-se azedo, ou seja, ácido. As bactérias acéticas existentes no ar penetram no vinho e oxidam o etanol, que passa a etanal até se formar o ácido acético. Este ácido, que é conhecido há muito pela civilização humana, existe no vinagre (**vinho acre** ou **vinho azedo**) e pode também ser obtido pela fermentação do sumo de frutas.

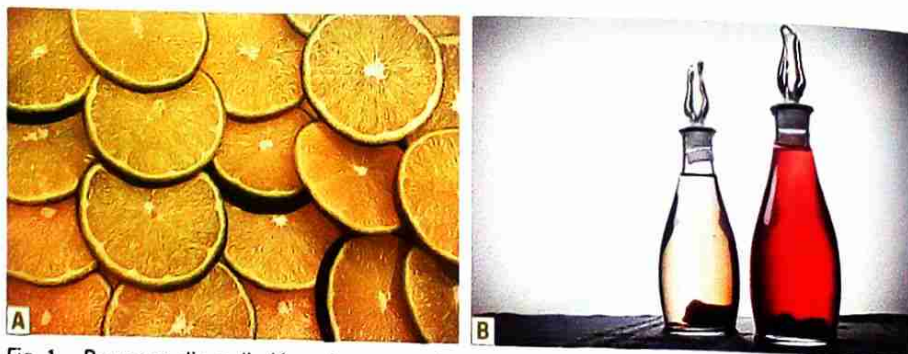


Fig. 1 – Do nosso dia-a-dia já conhecemos alguns ácidos, como (A) o ácido cítrico existente no limão e (B) o ácido acético existente no vinagre.

O ácido acético pode ainda ser obtido ao introduzir-se um fio espiralado incandescente de cobre numa solução de etanal.



O óxido de cobre à superfície do metal oxida o etanal a ácido acético e, nesse processo, ocorre redução do óxido de cobre a cobre. A oxidação ocorre por captura do oxigénio pelo grupo carbonilo do aldeído ($-\text{CHO}$), formando-se deste modo o grupo **carboxilo** ($-\text{COOH}$) que é típico dos **ácidos orgânicos**. Estes ácidos, quando reagem com álcoois, formam um outro grupo de substâncias orgânicas com as quais lidamos todos os dias. Tais substâncias ocorrem, por exemplo, na banana, no ananás, na goiaba e em muitas outras frutas comuns.

Trata-se de substâncias com aromas, muitos dos quais bastante agradáveis. Tais aromas são maioritariamente devidos à existência na sua composição de ésteres. A cera das abelhas e, se és bom observador

da Natureza, a cera que, por exemplo, reveste as folhas e as cascas dos frutos das plantas são ésteres.



Fig. 2 - Os aromas, por exemplo, (A) da banana, (B) do ananás e (C) da goiaba são devidos à existência de ésteres na sua composição, bem como são ésteres (D) a cera das abelhas e (E) a cera que reveste as folhas das plantas.

Nesta unidade iremos tratar de duas famílias de compostos orgânicos que são muito importantes e que fazem parte do nosso quotidiano - os ácidos carboxílicos e os ésteres.

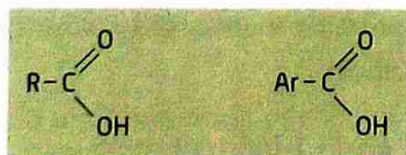
2. Ácidos carboxílicos

2.1. Conceito, fórmula geral, série homóloga, grupo funcional e propriedades gerais dos ácidos carboxílicos

Os ácidos carboxílicos são ácidos orgânicos caracterizados por apresentarem o grupo funcional **carboxilo** ($-\text{COOH}$). Como se pode ver a partir da respectiva estrutura, este grupo funcional resulta da combinação do grupo **carbonilo** ($\text{C}=\text{O}$) e **hidroxilo** ($-\text{OH}$). Essa combinação vem expressa na sua designação (**carbonilo + hidroxilo**).

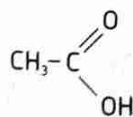
O grupo **carboxilo** ocupa sempre, como acontece nos aldeídos, uma posição terminal, isto é, só pode aparecer em carbonos primários. O átomo de carbono do grupo carboxilo apresenta-se no estado mais oxidado do carbono de uma cadeia carbónica.

Tal como acontece com os aldeídos e as cetonas, os ácidos carboxílicos podem ser **alifáticos** ou **aromáticos**. Assim, as respectivas fórmulas gerais são:

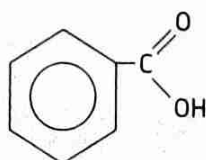


nas quais **R** representa um radical alquilo ou um átomo de hidrogénio e **Ar** representa um radical aromático.

Exemplos:



Ácido etanóico ou acético

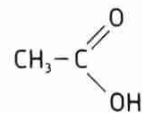


Ácido benzóico

Ácidos carboxílicos são substâncias orgânicas que possuem o grupo carboxilo (-COOH) na sua constituição.

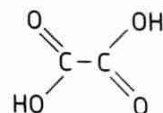
Consoante o número de grupos carboxilo existentes, os ácidos orgânicos podem ser:

- **Monocarboxílicos (monoácidos)**, como o ácido acético do vinagre:

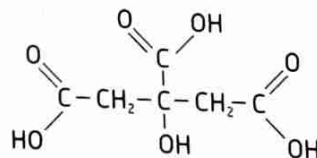


Os monoácidos de cadeias longas são chamados **ácidos graxos** ou **ácidos gordos** e ocorrem normalmente em óleos e gorduras.

- **Dicarboxílicos (diácidos)**, como o ácido oxálico (ou ácido etano-dióico), que é o responsável pela formação do sal oxalato das pedras que se encontram nos rins e nos espinafres:



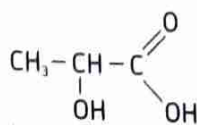
- **Tricarboxílicos (triácidos)**, como o ácido cítrico existente, por exemplo, nos limões e nas laranjas:



- **Tetracarboxílicos**, etc.

Também existem ácidos que, para além do grupo funcional que lhes é característico, possuem outros grupos funcionais, como são o casos dos seguintes ácidos:

- **Ácido láctico ou ácido 2-hidroxi-propanóico**



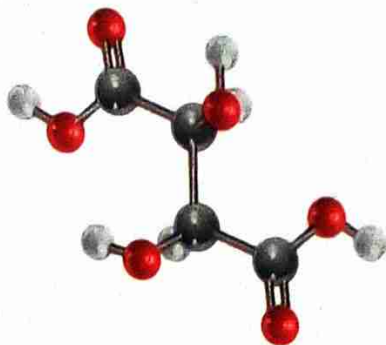
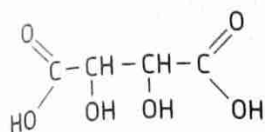
Actividades

1. Como se designa o grupo funcional dos ácidos carboxílicos?
2. Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.

Um ácido carboxílico denomina-se dicarboxílico quando...

- (A) ... tem um grupo -COOH.
- (B) ... tem dois grupos -COOH.
- (C) ... tem três grupos -COOH.
- (D) ... tem dois ou mais grupos -COOH.

• Ácido tartárico ou ácido 2,3-di-hidroxibutanodióico



Os **aminoácidos**, dos quais já ouviste falar com certeza como constituintes das proteínas, são ácidos que possuem dois grupos funcionais, nomeadamente, o grupo funcional amina e o grupo funcional carboxilo. Sobre este grupo de substâncias químicas terás a possibilidade de conhecer mais nos anos que se seguem.

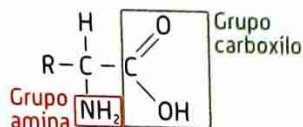
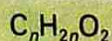


Fig. 3 – Fórmula geral de um aminoácido.

A **fórmula geral** da série homóloga dos monoácidos alifáticos saturados é:



2.2. Nomenclatura dos ácidos carboxílicos

► Nomenclatura IUPAC

De acordo com as regras de nomenclatura IUPAC, na designação de todos os ácidos carboxílicos aparece a palavra **ácido**.

Este sistema estabelece ainda que se devem respeitar as seguintes regras:

- Escolher a cadeia mais comprida que inclui o grupo carboxilo.
- Substituir a última letra do nome do alcano correspondente pelo sufixo **-óico**.
- Indicar os átomos de carbono na cadeia, começando a numeração a partir do carbono do grupo carboxilo.
- Nomear os radicais e indicar as posições dos mesmos.

Os nomes dos ácidos, segundo a IUPAC, iniciam-se sempre pela palavra **ácido** e terminam com o sufixo **-óico**.

A tabela que se segue apresenta alguns exemplos.

NOME	FÓRMULA DE ESTRUTURA
Ácido metanóico	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$
Ácido etanóico	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$
Ácido propanóico	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$
Ácido butanóico	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$
Ácido 3-metilbutanóico	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\overset{3}{\text{CH}}-\overset{2}{\text{CH}_2}-\overset{1}{\text{C}} \\ \qquad \qquad \\ \text{CH}_3 \qquad \qquad \text{OH} \end{array}$
Ácido 2-cloropropanóico	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\overset{2}{\text{CH}}-\overset{1}{\text{C}} \\ \qquad \qquad \\ \text{Cl} \qquad \qquad \text{OH} \end{array}$
Ácido 3,4-dimetilpentanóico	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\overset{4}{\text{CH}}-\overset{3}{\text{CH}}-\overset{2}{\text{CH}_2}-\overset{1}{\text{C}} \\ \qquad \qquad \\ \text{CH}_3 \qquad \text{CH}_3 \qquad \text{OH} \end{array}$

Actividades

1. Selecciona a opção correcta.

- (A) Segundo a IUPAC o nome dos ácidos carboxílicos termina em -ico.
- (B) O grupo funcional dos ácidos carboxílicos é -CHO.
- (C) O nome usual ácido fórmico deve-se à sua existência nas abelhas.
- (D) Segundo a IUPAC o nome dos ácidos carboxílicos inicia-se pela palavra ácido e termina com o sufixo -óico.

2. Qual é o nome usual do ácido etanóico?

► Nomenclatura usual

Na nomenclatura usual ou comum, que também é denominada de tradicional por ser mais antiga, os nomes dos ácidos encontram-se relacionados com alguma qualidade específica do ácido ou com a origem das substâncias onde estes se encontram.

Assim, por exemplo, certos ácidos possuem designações típicas:

- **Ácido fórmico** (nome IUPAC: ácido metanóico)

Tem origem do latim *formica*, que significa formiga, dado que a primeira vez que o ácido foi isolado ocorreu por destilação do corpo de uma formiga.

- **Ácido acético** (nome IUPAC: ácido etanóico)

Tem origem do latim *acentum*, que significa azedo.

- **Ácido butírico** (nome IUPAC: ácido butanóico)

Tem origem do latim *butirum*, que significa da manteiga, dado que é o responsável pelo odor e sabor peculiares da manteiga rançosa.

- **Ácido caprónico** (nome IUPAC: ácido hexanóico)
Tem origem do latim *capra*, que significa cabra, dado que é o responsável pelo cheiro característico dos caprinos.
- **Ácido cítrico** (nome IUPAC: ácido 2-hidroxiopropano-1,2,3-tricarboxílico)
Tem origem do latim *citrus*, que significa limão.
- **Ácido palmítico** (nome IUPAC: ácido hexadecanóico)
Tem origem do latim *palmae*, que significa palmeira, dado que é o principal (e em maior quantidade) componente do óleo de palma.
- **Ácido oleico** (nome IUPAC: ácido octadec-9-enóico)
Tem origem do latim *oleum*, que significa óleo, dado que é o principal componente de vários óleos.

3.1 Obtenção, propriedades e aplicações dos ácidos carboxílicos

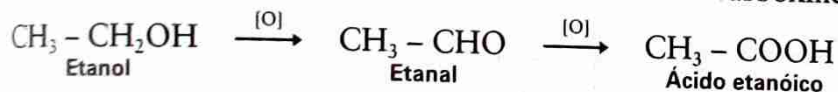
► Obtenção

Os principais métodos de obtenção dos ácidos carboxílicos são:

• Reacções de oxidação

Este tipo de reacções já foi analisado nas unidades anteriores (4 e 5).

✓ Oxidação dos álcoois primários ou aldeídos – álcoois primários são oxidados a aldeídos e estes por sua vez a ácidos carboxílicos.



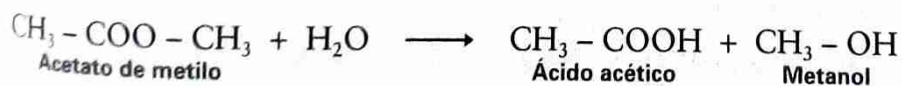
✓ Oxidação de alcenos ou alcinos (em meio ácido).



• Reacções de hidrólise

Trata-se de reacções em que intervém a água como um dos reagentes.

✓ Hidrólise de ésteres – formam-se o ácido e um álcool.



► Propriedades e aplicações

Propriedades físicas

As propriedades dos ácidos carboxílicos são determinadas, por um lado, pelo grupo funcional $-\text{COOH}$ e, por outro, pela dimensão da cadeia carbónica.

Actividades

1. Indica os principais métodos de obtenção dos ácidos carboxílicos.
2. Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.

O nome usual ácido cítrico tem origem na palavra...

- (A) ... óleo.
- (B) ... ranço.
- (C) ... azedo.
- (D) ... limão.

Na série homóloga dos monoácidos alifáticos saturados ($C_nH_{2n}O_2$), os quatro primeiros são líquidos de cheiro irritante e misturam-se facilmente com a água devido à formação de ligações intermoleculares por pontes de hidrogénio. Neles as propriedades polares e hidrófilas (semelhantes às da água) do grupo carboxilo são determinantes. De C_5 a C_9 são líquidos de cheiro rançoso. Acima de C_9 são sólidos, semelhantes à cera, inodoros e insolúveis em água. Neles predominam as propriedades hidrófobas (distintas das da água) do grupo alquilo R.

A tabela que se segue apresenta algumas propriedades de alguns ácidos carboxílicos.

NOME	FÓRMULA DE ESTRUTURA	PROPRIEDADES	OCORRÊNCIA
Ácido fórmico (Ácido metanóico)	H - COOH	Líquido incolor, picante e solúvel em água.	Glândulas de formigas, plantas e frutos.
Ácido acético (Ácido etanóico)	CH ₃ - COOH	Líquido incolor, picante e solúvel em água.	Nas plantas e frutos e nas secreções de animais.
Ácido butírico (Ácido butanóico)	CH ₃ - CH ₂ - CH ₂ - COOH	Oleoso, de cheiro rançoso e solúvel em água.	Na manteiga rançosa e no suor.
Ácido palmítico (Ácido hexadecanóico)	CH ₃ - (CH ₂) ₁₄ - COOH	Incolor, cristalino e insolúvel em água.	No óleo de palma e coco, no azeite de oliveira e na manteiga de cacau.
Ácido esteárico (Ácido octadecanóico)	CH ₃ - (CH ₂) ₁₆ - COOH	Incolor, sem cheiro e insolúvel em água.	Nas gorduras naturais e no cérebro humano.

Actividades

1. Selecciona a opção correcta.

- (A) Os ácidos carboxílicos são ácidos fortes.
- (B) Os ácidos carboxílicos formam ligações por pontes de hidrogénio.
- (C) Os ácidos carboxílicos são compostos apolares.
- (D) Os ácidos carboxílicos de cadeia curta são imiscíveis em água.

2. Indica onde ocorrem os ácidos fórmico e acético.

3. Qual é a fórmula geral da série homóloga dos monoácidos alifáticos saturados?

Como se pode deduzir da tabela anterior, com o aumento da cadeia carbónica a solubilidade em água diminui. Assim, de um modo geral, os ácidos carboxílicos apresentam as seguintes propriedades físicas:

- São geralmente ácidos fracos, com apenas 1% de moléculas R - COOH dissociadas em iões à temperatura ambiente em solução aquosa.
- São substâncias polares.
- Podem formar ligações por pontes de hidrogénio entre si ou com moléculas de outra espécie. Por essa razão, os ácidos carboxílicos apresentam praticamente o mesmo comportamento dos álcoois quanto à solubilidade.
- Os ácidos com até quatro carbonos são líquidos incolores, miscíveis em água. Os ácidos de cinco a oito carbonos são líquidos

incolores e viscosos, muito pouco solúveis. Os ácidos com nove ou mais carbonos são sólidos brancos, semelhantes à cera, insolúveis em água.

- O ácido aromático mais simples, o ácido benzóico, por apresentar já elevado número de carbonos, não tem apreciável solubilidade em água. Os ácidos carboxílicos são solúveis em solventes menos polares, como o éter, os álcoois e o benzeno.
- Os ácidos alifáticos têm odor fraco ficando progressivamente forte e irritante nos ácidos fórmico e acético. O odor torna-se extremamente desagradável (semelhante à manteiga rançosa) no ácido butírico (C₄), valérico (C₅) e capróico (C₆). Os ácidos com mais de seis carbonos não têm muito odor por serem pouco voláteis.
- Comparando-se um ácido carboxílico e um álcool, ambos com o mesmo número de carbonos, o ácido terá maior ponto de ebulição devido à formação de duas ligações por pontes de hidrogénio e não apenas uma, como no álcool.

Propriedades químicas

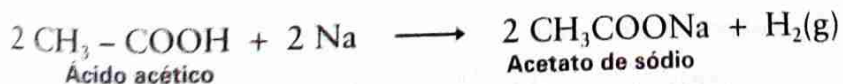
Como acontece com os ácidos no geral, os ácidos carboxílicos apresentam as propriedades gerais das substâncias ácidas. Tais propriedades já são conhecidas das classes anteriores, nomeadamente, o seu comportamento face aos indicadores:

- Avermelham o papel azul de tornasol, o alaranjado de metilo e o indicador universal;
- Mantêm incolor a solução alcoólica de fenolftaleína.

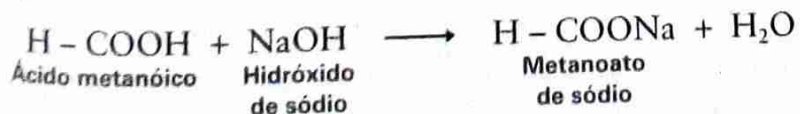
Porém, os ácidos carboxílicos são maioritariamente ácidos fracos. Ou seja, não são tão fortes como o ácido clorídrico, o ácido sulfúrico ou o ácido nítrico.

Apesar disso, apresentam as reacções características dos ácidos:

• Reacção com metais reactivos



• Reacção com bases – neutralização



Nestes dois tipos de reacção formam-se carboxilatos que são os sais dos ácidos orgânicos. Neles, o hidrogénio do grupo -COOH é substituído por um ião metálico.

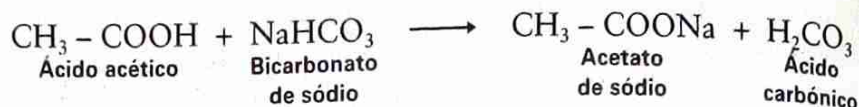
Actividades

1. Compara os pontos de ebulição de um ácido carboxílico e de um álcool com o mesmo número de átomos de carbono na cadeia.
2. Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.
Os ácidos carboxílicos de C₁ a C₄ são...
(A) ... líquidos.
(B) ... gasosos.
(C) ... sólidos.
(D) ... insolúveis em água.

• **Reacção com sais de ácidos mais fracos**

Neste tipo de reacção formam-se os sais do ácido orgânico e o ácido mais fraco.

Por exemplo, o ácido acético reage com o bicarbonato de sódio para formar acetato de sódio e ácido carbónico:



O ácido carbónico é instável e decompõe-se formando dióxido de carbono e água:



• **Reacção com álcoois – esterificação**

Neste tipo de reacção ocorre a formação de ésteres. A reacção de esterificação ocorre entre o H do grupo $-\text{COOH}$ do ácido e o grupo $-\text{OH}$ do álcool que formam uma molécula de água e o restante forma o éster:



Na esterificação a reactividade dos álcoois obedece à seguinte ordem:

Álcool primário > Álcool secundário > Álcool terciário

Os grupos carboxilo também reagem com grupos aminas para formar **amidas**. Posteriormente, em classes mais adiante, terá a possibilidade de conhecer estes dois grupos de substâncias orgânicas.

2.4. Ácido metanóico (fórmico) e ácido etanóico (acético) – representantes do grupo dos ácidos carboxílicos

► Ácido metanóico (fórmico)

O ácido metanóico, conhecido usualmente como ácido fórmico, é um líquido incolor, cáustico, de cheiro forte e irritante.

Está presente no veneno de muitas plantas e em alguns frutos, tais como as urtigas e as framboesas, como também em animais, tais como as abelhas e as formigas. Destas últimas é que deriva o seu nome usual.

Tanto nas plantas como nos animais, o ácido fórmico é produzido e secretado com a finalidade de ataque e defesa.

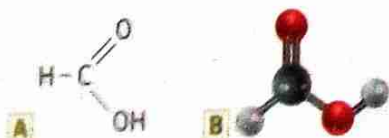


Fig. 4 – (A) Fórmula de estrutura e (B) modelo molecular da molécula de ácido metanóico ou fórmico.

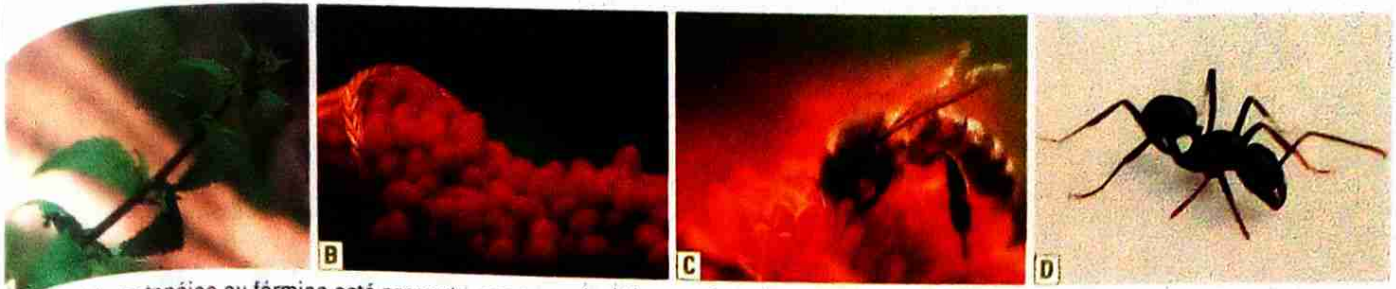


Fig. 5 - O ácido metanóico ou fórmico está presente, por exemplo, (A) nas urtigas, (B) nas framboesas, (C) nas abelhas e (D) nas formigas.

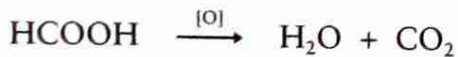
O ácido fórmico é obtido industrialmente a partir do seu sal de sódio segundo a seguinte equação da reacção:



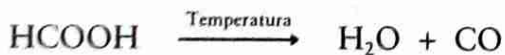
Se observarmos com atenção a fórmula de estrutura do ácido fórmico da figura 4, facilmente percebemos que este é muito semelhante aos aldeídos, isto é, tal como nos aldeídos, o carbono do ácido fórmico tem uma ligação simples com o hidrogénio e uma ligação dupla com um oxigénio. Tal facto confere-lhe uma reactividade especial, podendo comportar-se tanto como um aldeído ou como ácido.

As principais reacções do ácido fórmico são:

- **Oxidação** - nesta reacção, que ocorre muito facilmente, o ácido fórmico funciona como redutor comparando-se, deste modo, aos aldeídos.



- **Com metais activos** (ver, nas propriedades químicas, as reacções dos ácidos carboxílicos).
- **Neutralização** (ver, nas propriedades químicas, as reacções dos ácidos carboxílicos).
- **Reacção com sais de ácidos mais fracos** (ver, nas propriedades químicas, as reacções dos ácidos carboxílicos).
- **Decomposição por aquecimento** - nesta reacção, por aquecimento do ácido formam-se monóxido de carbono e água.

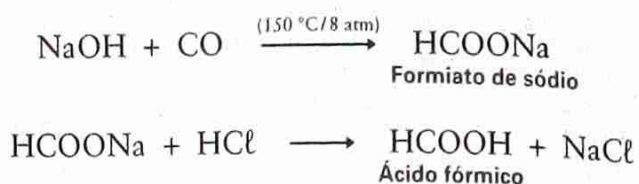


- **Desidratação** - nesta reacção, por acção do ácido sulfúrico concentrado sobre o ácido fórmico formam-se monóxido de carbono e água. Laboratorialmente, esta reacção é usada para a produção do monóxido de carbono, CO.



Industrialmente, o ácido fórmico é obtido em duas etapas - primeiro, a partir da reacção do hidróxido de sódio com o monóxido de

carbono forma-se formiato de sódio; de seguida, dá-se a reacção do formiato de sódio com o ácido clorídrico para formar ácido fórmico e cloreto de sódio.



As principais aplicações do ácido fórmico, além da obtenção do monóxido de carbono, são:

- fixador de corantes em tecidos (mordente);
- acaricida (pesticida usado no extermínio dos ácaros);
- tratamento do reumatismo;
- produção de ácido oxálico (HOOC – COOH);
- processamento de couro;
- coagulação do látex da borracha.

► Ácido etanóico (acético)

Propriedades gerais

O ácido etanóico, usualmente conhecido como **ácido acético**, é um ácido importante na produção de polímeros e essências artificiais. É um dos principais componentes do vinagre que é usado como tempero nos alimentos.

Quando puro, o ácido acético é um líquido incolor, de cheiro forte penetrante e característico, que congela a 16,7 °C, tomando o aspecto de gelo. Desta característica deriva o nome de **ácido acético glacial**. O ácido acético mistura-se com água em qualquer proporção devido à sua polaridade e à capacidade que tem de formar ligações intermoleculares por pontes de hidrogénio.

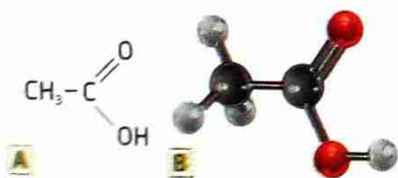


Fig. 6 - (A) Fórmula de estrutura e (B) modelo molecular da molécula de ácido etanóico ou acético.

Obtenção

Os processos de obtenção do ácido acético são:

- Oxidação (fermentação) do álcool etílico

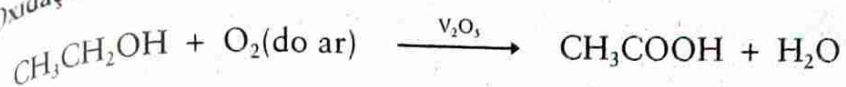


Esta fermentação é também conhecida como fermentação acética, ou seja, a que ocorre na transformação do vinho em vinagre.

O vinagre contém entre 6% e 10% de ácido acético, além de outros compostos que se formam nas várias fases da fermentação e que lhe dão um cheiro e um sabor especiais.

O ácido acético pode ser concentrado através do processo de destilação do vinagre.

Oxidação catalítica



Entre as principais aplicações do ácido acético, além do seu uso como condimento na alimentação, destacam-se as seguintes:

- ✓ obtenção de acetatos, tais como de sódio, de amónio e de chumbo;
- ✓ obtenção de ésteres, tais como acetato de metilo e acetato de etilo;
- ✓ sínteses orgânicas;
- ✓ obtenção da acetona.



Fig. 7 - O ácido etanóico ou acético está presente, por exemplo, (A) no vinagre e é usado na obtenção, por exemplo, (B) de acetato de sódio e (C) de acetona.

SABIAS QUE...

... os seres humanos, através do seu metabolismo, produzem e excretam ácidos carboxílicos que são de composição diferente ou específicos para cada indivíduo?

Assim, cada pessoa tem o seu cheiro característico. Por isso, os animais, como o cão, que apresentam olfacto bastante aguçado, reconhecem as pessoas pelo cheiro. Normalmente, o ácido carboxílico está associado a um fenol.

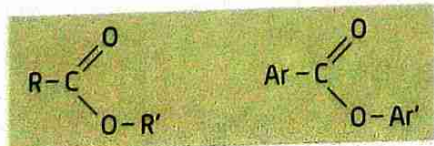
A mesma técnica é hoje aplicada pela polícia para detectar outras substâncias como drogas, alimentos e substâncias proibidas.

3. Ésteres

3.1. Conceito, fórmula geral e grupo funcional dos ésteres

Os ésteres são compostos que resultam da combinação de um álcool ou fenol com um ácido carboxílico. Desta reacção resulta a libertação de uma molécula de água.

Os ésteres alifáticos apresentam a seguinte fórmula geral:



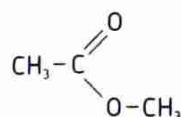
onde R e R' são radicais alquilo. Nos ésteres aromáticos teremos radicais arilo Ar e Ar' em vez de radicais alquilo.

Todos os ésteres são caracterizados pela presença do grupo funcional:



Observa que no grupo funcional dos ésteres o carbono está unido a outro átomo de carbono, por uma ligação simples, e a dois átomos de oxigénio, um por uma ligação simples e outro por uma ligação dupla. Repara ainda que um átomo de oxigénio é partilhado por dois átomos de carbono unindo duas cadeias carbónicas. De outro modo, podemos dizer que dá a impressão que nos ésteres um átomo de hidrogénio de um ácido carboxílico foi substituído por um grupo R de uma cadeia carbónica.

Por exemplo, no etanoato (ou acetato) de metilo o grupo R resulta do ácido acético e o grupo R' resulta do metanol.



Etanoato de metilo

Ou seja, no geral, nos ésteres existem dois radicais: um resultante do ácido (alifático ou aromático) e o outro resultante do álcool ou fenol.

Actividades

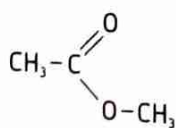
- Selecciona a opção correcta.
 - O grupo funcional dos ésteres é -COOH.
 - Os ésteres resultam da combinação de um álcool com um aldeído.
 - Os ésteres resultam da combinação de um álcool com um ácido carboxílico.
 - Os ésteres só podem ser alifáticos.
- Indica a fórmula geral dos ésteres.

Os ésteres são compostos que resultam da combinação de um álcool ou fenol com um ácido carboxílico. Desta reacção resulta a libertação de uma molécula de água.

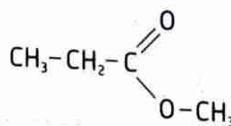
3.2. Nomenclatura dos ésteres

Os ésteres são considerados compostos análogos aos sais. Como são sais do ácido e do grupo alcoólico ou fenólico, na sua designação indica-se primeiro o ácido correspondente, substituindo-se o sufixo -óico (de ácido) por -ato (de sal).

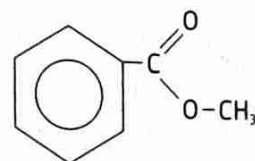
De seguida, adiciona-se o nome do radical do ácido. Entre as duas palavras coloca-se a preposição "de".



Etanoato de metilo
Acetato de metilo



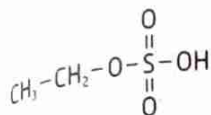
Propanoato de metilo
Propionato de metilo



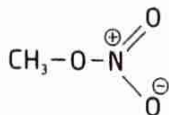
Benzoato de metilo

⇒ IUPAC
⇒ USUAL

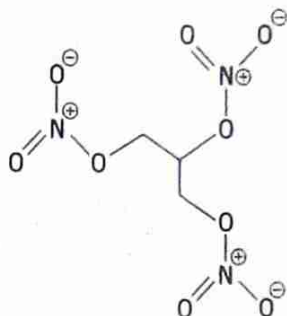
Convém salientar que além dos ésteres orgânicos (alifáticos ou aromáticos) existem também ésteres inorgânicos, obtidos dos correspondentes ácidos minerais, tais como:



Sulfonato de etilo



Nitrato de metilo



Nitroglicerina, trinitroglicerina ou trinitrato de glicerina

No primeiro caso, o ácido mineral é o ácido sulfúrico e nos dois últimos casos é o ácido nítrico. Em quaisquer dos casos a nomenclatura segue as mesmas regras.

3.3. Ocorrência, obtenção, propriedades e aplicações dos ésteres

► Ocorrência

Os ésteres são substâncias comuns na Natureza e podem ser encontrados, por exemplo:

- nas essências de frutas, madeiras e flores;
- nos óleos e nas gorduras;
- nas ceras, como a das abelhas...

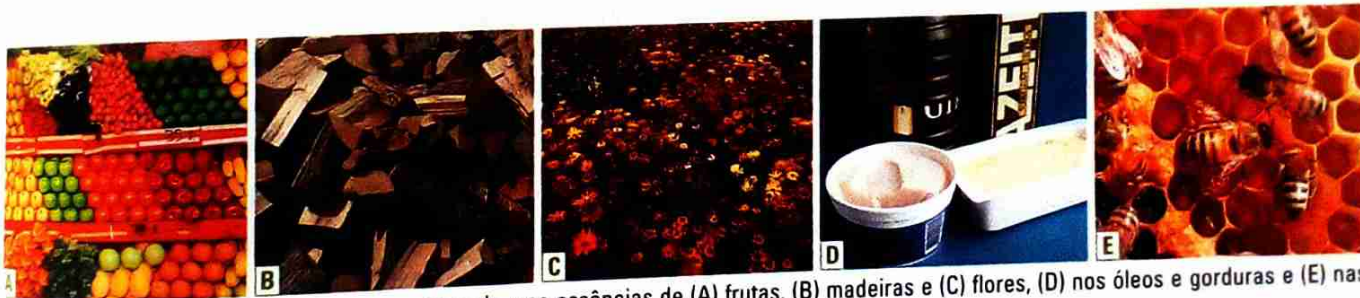
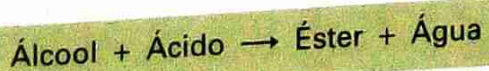


Fig. 8 - Na Natureza os ésteres existem, por exemplo, nas essências de (A) frutas, (B) madeiras e (C) flores, (D) nos óleos e gorduras e (E) nas ceras das abelhas.

► Obtenção

Ao estudares as reacções dos álcoois e dos ácidos carboxílicos aprendeste a conhecer a reacção de esterificação, isto é, a reacção de preparação dos ésteres.

Tal reacção pode ser esquematicamente representada da seguinte forma:



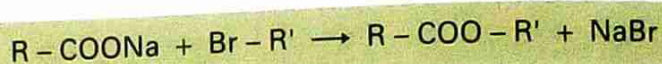
Os ésteres podem então ser obtidos por:

- Esterificação directa – reacção lenta e reversível, catalisada em meio ácido, com rendimento na ordem dos 60%.



Com a ajuda da marcação isotópica foi provado que os álcoois primários e secundários cedem o átomo de hidrogénio e o ácido o grupo OH que se unem para formar água. Nos caso dos álcoois terciários a situação inverte-se.

- Reacção de sais com haletos orgânicos



► Propriedades físicas dos ésteres

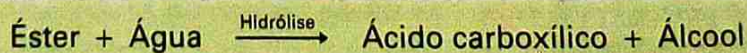
Os ésteres orgânicos de massas moleculares baixas são líquidos, incolores e de cheiro agradável. À medida que se aumenta a massa molecular, tornam-se mais viscosos e gordurosos (óleos vegetais e animais), até tomarem a forma sólida (gorduras e ceras).

Como não possuem ligações intermoleculares por pontes de hidrogénio, os ésteres são insolúveis em água sendo, no entanto, solúveis em álcool, éter e clorofórmio (solventes orgânicos comuns). Pelo mesmo motivo, possuem pontos de ebulição menores que os dos álcoois e dos ácidos com a mesma massa molecular.

► Propriedades químicas dos ésteres

- Reacção de hidrólise

Os ésteres reagem com a água, quer em meio ácido quer em meio básico, regenerando os álcoois ou fenóis e os ácidos (ou sais) correspondentes.



- Hidrólise ácida – processo inverso da esterificação



A reacção é lenta e reversível. Assim, num determinado intervalo de tempo, a reacção ocorre à mesma velocidade nos dois sentidos ($v_{\text{directo}} = v_{\text{inverso}}$), atingindo-se o equilíbrio. O rendimento da reacção é baixo.

Actividades

1. Indica a ocorrência dos ésteres na Natureza.
2. Representa esquematicamente a reacção química de obtenção directa dos ésteres.
3. Que métodos são utilizados para a obtenção de ésteres?
Representa os respectivos esquemas das reacções químicas.

Hidrólise básica – saponificação



Quando a hidrólise básica ou alcalina é efectuada com um éster de ácido gordo, obtém-se o sal do ácido gordo, cujo nome genérico é sabão. Daí a hidrólise básica ter sido originalmente denominada de saponificação.

Na hidrólise básica a base actua não como catalisador mas como reagente no processo. A reacção é completa e, portanto, o rendimento da reacção é elevado.

Alcoólise ou transesterificação

A partir de um éster e um álcool diferente daquele que forma o éster inicial, forma-se um novo éster e o álcool do éster inicial.



► Aplicações dos ésteres

Como vimos anteriormente pela sua ocorrência na Natureza, os ésteres podem ser classificados em três classes: **essências, óleos e gorduras e ceras.**

Essências

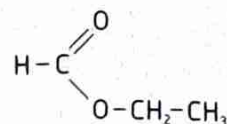
Os ésteres nessa forma possuem aroma agradável e estão presentes em flores, frutos e madeiras. São obtidos através da reacção com ácidos e álcoois de cadeia curta (até oito átomos de carbono). Este tipo de ésteres é muito usado em indústrias de alimentos como refrigerantes, sorvetes, doces e em xaropes diversos, e permite a atribuição de diferentes sabores e aromas a muitos produtos artificiais, isto é, eles podem ser obtidos artificialmente para imitar, por exemplo, o cheiro e o sabor de frutas diversas.



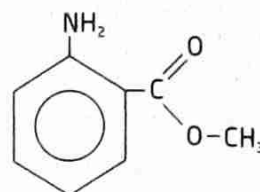
Fig. 9 – Os ésteres são muito usados na indústria alimentar como essências para produtos como, por exemplo, (A) gelados, (B) doces, (C) refrigerantes e (D) xaropes.

Exemplos:• **Metanoato de etilo**

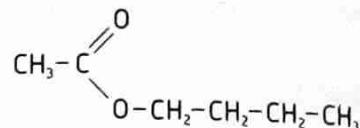
Confere o aroma artificial a groselha e a rum.

• **Antranilato de metilo**

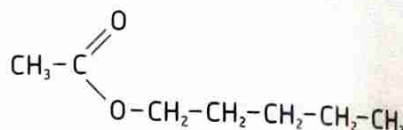
Confere aos alimentos o sabor artificial a uva.

• **Etanoato de butilo**

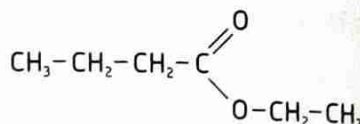
Essência que dá o sabor a maçã verde.

• **Acetato de pentilo**

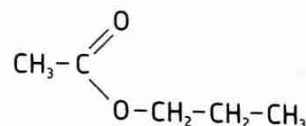
Produz o aroma artificial a banana.

• **Butanoato de etilo**

Produz o aroma artificial a ananás.

• **Acetato de propilo**

Confere sabor artificial a pêra.

**Óleos e gorduras**

Os produtos derivados de ésteres neste estado são muito usados no nosso dia-a-dia, quer na nossa alimentação quer para outros fins. São ésteres que derivam da **glicerina** (propano-1,2,3-triol ou glicerol), que é um triálcool.

Uma vez que a reacção ocorre com três ácidos, o produto que se obtém é um **triéster**. Ésteres deste tipo são, por exemplo, o óleo de soja, o azeite de oliveira, a manteiga e a margarina.



Fig. 10 – Os ésteres são muito usados na indústria alimentar para produzir óleos e gorduras como, por exemplo, (A) óleo de soja, (B) azeite de oliveira, (C) manteiga e (D) margarina.

Por exemplo, a manteiga e a margarina usadas no pão bem como o óleo de soja que deve estar presente nas refeições são classificados como ésteres derivados da mistura dos ácidos linoleico e oleico. Por seu turno, a gordura animal conhecida por sebo e que constitui matéria-prima para o fabrico de sabonetes e sabões, contém a estearina.

Poderás conhecer mais detalhes sobre este grupo de substâncias quando abordarmos o subcapítulo que se segue.

Ceras

Quando álcoois com elevado número de carbonos reagem com ácidos surge uma nova forma de ésteres – as ceras. A mais conhecida é a cera das abelhas. As ceras servem para fabricar velas, graxas para sapatos, ceras para pavimentos, entre outros produtos.

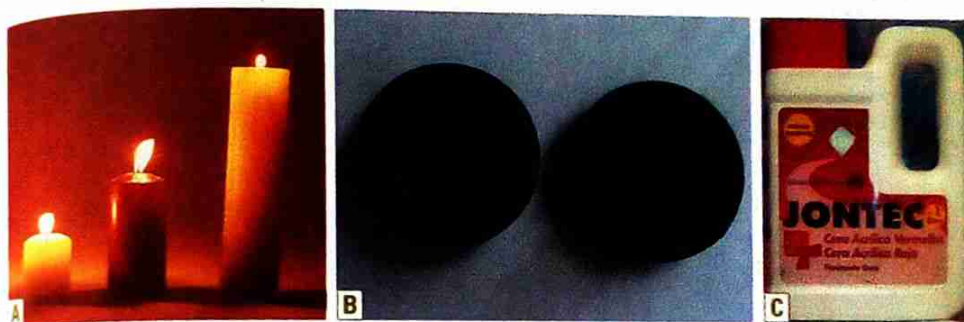


Fig. 11 – Os ésteres são muito usados para produzir ceras para o fabrico, por exemplo, (A) de velas, (B) de graxa para os sapatos e (C) de ceras para pavimentos.

Os ésteres, tendo em conta a sua ocorrência na Natureza, podem ser classificados em três classes: essências, óleos e gorduras e ceras.

3.4. Óleos e gorduras – glicerídeos

Um quarto das necessidades energéticas do nosso corpo é fornecido pelos óleos e gorduras visíveis, como os óleos alimentares, a margarina e a manteiga, e não visíveis, como as que se encontram no queijo, no chouriço, no *bacon* e no leite.

Tratam-se de ésteres da glicerina com ácidos gordos.

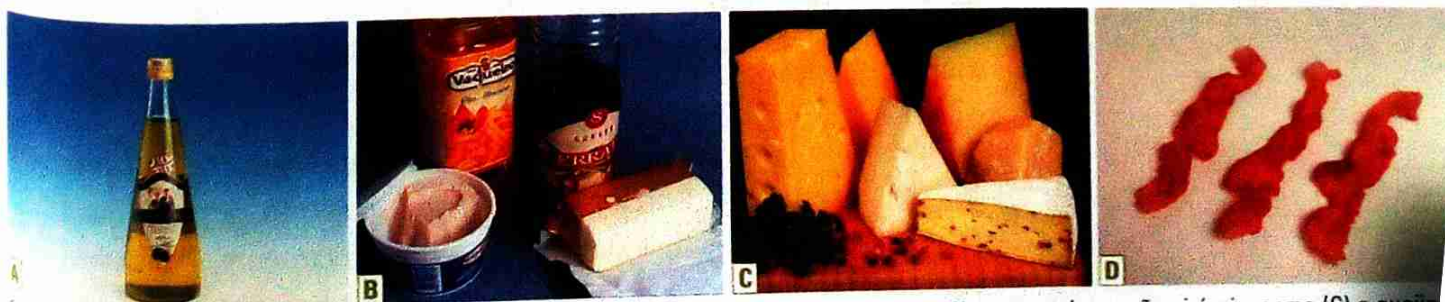


Fig. 12 – Existem óleos e gorduras visíveis, como (A) o azeite de oliveira e (B) a manteiga, e óleos e gorduras não visíveis, como (C) o queijo e (D) o *bacon*.

Os ácidos gordos são ácidos orgânicos alifáticos de cadeia longa. Podem ser saturados ou insaturados.

A glicerina, como é um triálcool, possui três grupos $-OH$ que são bastante reactivos e se deixam esterificar ao reagirem com ácidos gordos, como o ácido palmítico ($C_{15}H_{31}COOH$), o ácido esteárico ($C_{17}H_{35}COOH$), o ácido oleico ($C_{17}H_{33}COOH$) e o ácido linoleico ($C_{17}H_{31}COOH$). Na tabela que se segue estão apresentadas algumas propriedades desses ácidos gordos em gorduras e óleos alimentares.

ÁCIDOS GORDOS	P.F. (°C)	DE ORIGEM ANIMAL (% massa/massa)			DE ORIGEM VEGETAL (% massa/massa)			
		Bovinos	Suínos	Manteiga	Azeite de oliveira	Óleo de girassol	Óleo de soja	
Saturados	Palmitico	63	30	27	25	15	5	10
	Esteárico	71	20	14	13	2	5	3
Insaturados	Oleico	16	39	45	30	71	27	24
	Linoleico	- 5	3	8	2	8	65	54

A glicerina (triálcool) reage com ácidos gordos, como o palmítico, o esteárico, o oleico e o linoleico, para formar óleos e gorduras – glicérides.

O ácido palmítico e o ácido esteárico são ácidos gordos de cadeia saturada, pois entre os átomos de carbono só existem ligações simples. Por esse motivo são sólidos à temperatura ambiente.

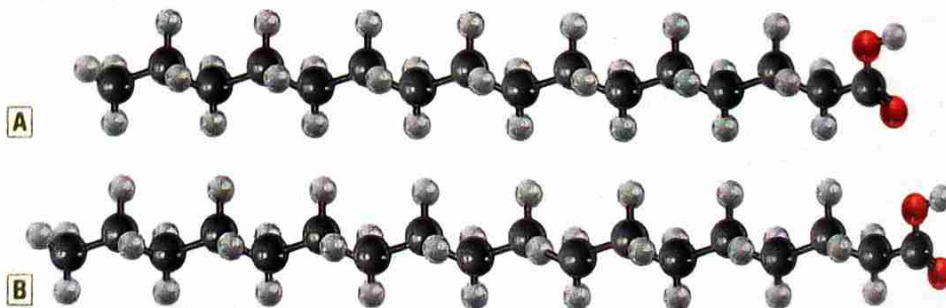


Fig. 13 – (A) Molécula do ácido palmítico e (B) molécula do ácido esteárico.

O ácido oleico e o ácido linoleico são ácidos gordos de cadeia carbónica insaturada. Entre os átomos de carbono destes dois ácidos existem uma e duas ligações duplas, respectivamente. Por serem insaturados, os ácidos oleico e linoleico são ambos líquidos à temperatura ambiente.

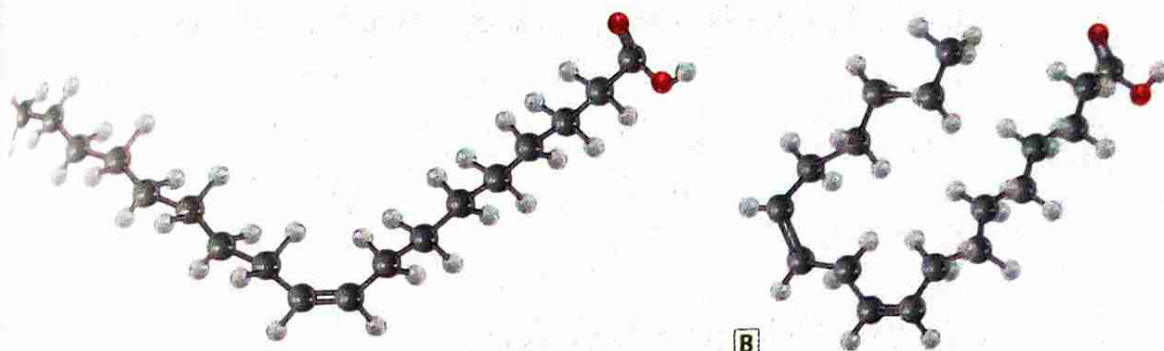


Fig 14 - (A) Molécula do ácido oleico e (B) molécula do ácido linoleico.

As gorduras naturais são normalmente misturas de ácidos gordos diferentes (saturados e insaturados). A predominância de um ou outro ácido gordo está na origem dos diferentes tipos de gordura existentes nos organismos animais e vegetais:

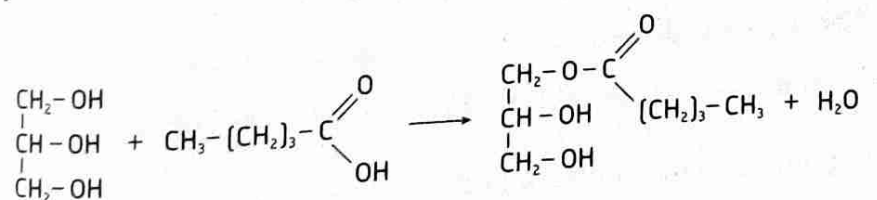
- No **sebo** do gado bovino e da manteiga mais de metade dos ácidos gordos esterificados são saturados. Disso deriva que a gordura animal seja sólida.
- No **óleo de girassol** e no **azeite de oliveira** predominam os ácidos gordos insaturados. Por essa razão forma-se a massa líquida que designamos por **óleo**.

Os ésteres da glicerina com ácidos gordos são designados por **glicerídeos**.

A reacção de formação de um glicerídeo pode ser expressa do seguinte modo:

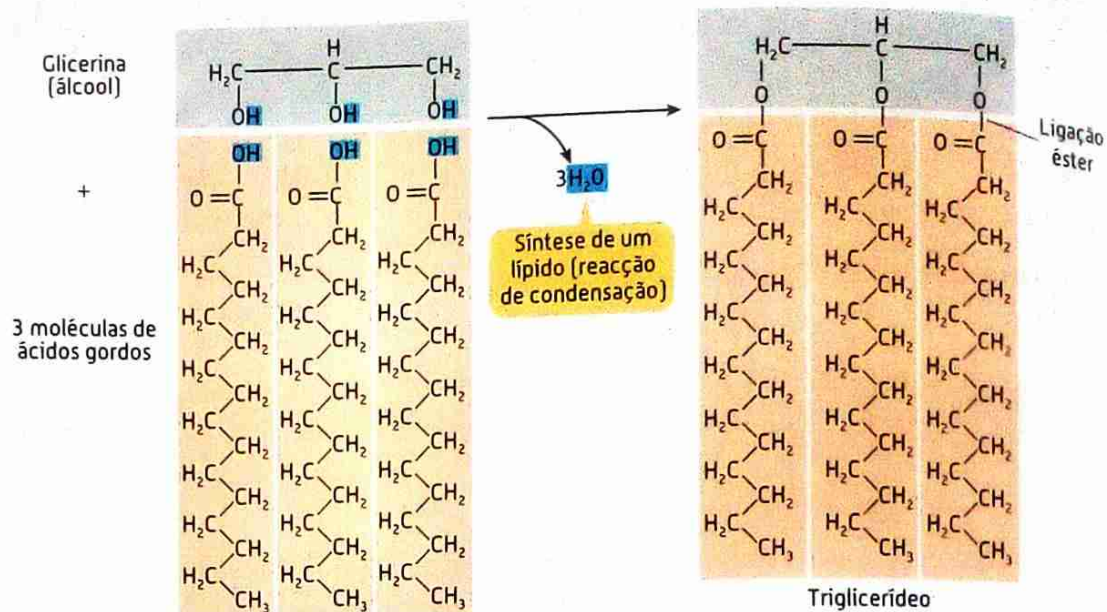


Nos glicerídeos a estrutura básica vertical provém da glicerina, enquanto as cadeias horizontais são ácidos gordos.



Quando há a combinação da glicerina (um triálcool) com ácidos gordos de cadeia longa, na qual os três grupos hidroxilo da glicerina sofreram condensação carboxílica com os ácidos, os quais não precisam ser necessariamente iguais, forma-se um **triglicerídeo**. De forma simplificada, um triglicerídeo é formado pela união de três ácidos gordos a uma molécula de glicerina, cujos três grupos -OH ligam-se aos radicais carboxilo dos ácidos.

O esquema abaixo mostra a reação de formação de um triglicerídeo.



Os ácidos gordos mais frequentes na formação dos glicerídeos (óleos e gorduras) são:

- $\text{C}_{15}\text{H}_{31}-\text{COOH} \Rightarrow$ ácido palmítico
- $\text{C}_{17}\text{H}_{35}-\text{COOH} \Rightarrow$ ácido esteárico
- $\text{C}_{17}\text{H}_{33}-\text{COOH} \Rightarrow$ ácido oleico (uma ligação dupla)
- $\text{C}_{17}\text{H}_{31}-\text{COOH} \Rightarrow$ ácido linoleico (duas ligações duplas)

Classificação dos glicerídeos

Como se pode deduzir do que já foi apresentado anteriormente, os glicerídeos podem ser classificados de acordo com o seu estado físico e do ponto de vista químico.

De acordo com o estado físico podem ser:

- **Óleos** – quando são líquidos em condições ambientais.
- **Gorduras** – quando são sólidos em condições ambientais.

Do ponto de vista químico podem ser:

- **Óleos** – quando são formados principalmente por ésteres de ácidos insaturados.
- **Gorduras** – quando são formados por ésteres de ácidos saturados.

Quanto mais insaturado for o glicerídeo, mais baixo é o seu ponto de fusão. Por isso, os óleos têm pontos de fusão mais baixos do que as gorduras. Essa é razão pela qual os ésteres da glicerina com ácido esteárico e com o ácido palmítico são sólidos e os ésteres da glicerina com o ácido oleico e o ácido linoleico são líquidos.

Na tabela que se segue apresentam-se os principais óleos e gorduras animais e vegetais.

ÓLEOS	Animais	Óleo de fígado de bacalhau e óleo de baleia.
	Vegetais	Óleo de algodão, óleo de amendoim, óleo de coco, óleo de milho, óleo de girassol, azeite de oliveira, óleo de linhaça e óleo de rícino.
GORDURAS	Animais	Sebo de boi, banha de porco e manteiga do leite.
	Vegetais	Gordura ou manteiga de coco e gordura ou manteiga de cacau.

Propriedades dos triglicerídeos

Usualmente utiliza-se o termo gordura quando se refere a triglicerídeos no estado sólido, enquanto o termo óleo utiliza-se para triglicerídeos no estado líquido. Triglicerídeo (gorduras e óleos) é o termo genérico para uma classe de lípidos.

Os triglicerídeos, produzidos por processos orgânicos, tanto vegetais como animais, consistem num grande grupo de compostos, geralmente solúveis em solventes orgânicos e insolúveis em água. A sua insolubilidade na água deve-se à sua estrutura molecular, caracterizada por longas cadeias carbónicas. Por terem menor densidade que a água, os triglicerídeos flutuam quando misturados com ela.

Quimicamente, os triglicerídeos são sintetizados pela união de três ácidos gordos com uma molécula de glicerina, formando um triéster. Por isso, são designadas por triglicerídeos ou trigliceróis.

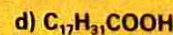
As propriedades das moléculas dos triglicerídeos dependem dos ácidos gordos que os formam. Os diferentes ácidos gordos são formados por um número diferente de átomos de carbono e hidrogénio.

Ácidos gordos com cadeias longas são mais susceptíveis a forças intermoleculares de atracção, aumentando o seu ponto de fusão. Cadeias longas também fornecem uma quantidade maior de energia por molécula quando metabolizada.

Os ácidos gordos que constituem os triglicerídeos também se diferenciam pelo número de átomos de hidrogénio ligados na cadeia carbónica. Cada átomo de carbono encontra-se tipicamente ligado a dois átomos de hidrogénio. Quando um ácido gordo possui esta configuração típica ele é chamado de saturado, pois os átomos de carbono estão saturados com hidrogénio. Noutros ácidos gordos, um ou mais átomos de carbono podem estar ligados a apenas um átomo de hidrogénio e terem uma ligação dupla com um carbono vizinho. Isto resulta num ácido gordo insaturado.

Actividades

1. Indica os nomes dos ácidos que correspondem às seguintes fórmulas moleculares.



2. Distingue óleos de gorduras:

a) de acordo com o estado físico;

b) do ponto de vista químico.

Os triglicerídeos na alimentação

Existem vitaminas que só são solubilizadas pelos triglicerídeos, conhecidas como **vitaminas lipossolúveis**, como, por exemplo, as **vitaminas A, D, E e K**. Isso significa que estas só são digeridas, absorvidas e transportadas pelo organismo em conjunto com os triglicerídeos. Além disso, os triglicerídeos são a principal fonte de ácidos gordos, muito importantes na dieta.

Funções dos triglicerídeos

Os triglicerídeos são importantes para as mais variadas formas de vida, desempenhando tanto funções **metabólicas** como **estruturais**. Eles funcionam como **fonte e reserva de energia** (um grama de qualquer gordura produz nove calorias de energia), além de desempenharem o papel de **isolante térmico** (formam o tecido adiposo dos mamíferos) para os animais se protegerem do frio.

Também são importantes para a síntese de outras substâncias, ou para o melhor funcionamento destas, como é o caso das **vitaminas lipossolúveis** e algumas **hormonas sexuais** que dependem da existência de triglicerídeos para ter um funcionamento ideal.

Efeito dos triglicerídeos no organismo

Os triglicerídeos não fornecem somente energia ao organismo. Também fazem parte da constituição das células corporais. Alguns ácidos gordos como, por exemplo, o ácido linoleico, são essenciais à vida. Como o nosso organismo não pode produzi-lo, este tem de ser obtido através da alimentação. Como vimos anteriormente, certas vitaminas, como, por exemplo, as vitaminas A, D e E, são insolúveis em água mas solúveis nos triglicerídeos. Assim sendo, o nosso organismo só pode usá-las na presença de triglicerídeos. Quer dizer, certos triglicerídeos são alimentos muito importantes para o nosso organismo.

No estômago e nos intestinos existem enzimas denominadas **lipases** que catalisam a hidrólise dos triglicerídeos com formação de glicerina e ácidos gordos. Nesse processo participam também os sais biliares, produzidos pelo fígado, que auxiliam a dispersão dos triglicerídeos, actuando como verdadeiros detergentes.

No processo do metabolismo, o nosso organismo dá três destinos à glicerina e aos ácidos gordos formados:

- reagrupa-os em moléculas mais complexas, que constituirão as células;
- metaboliza-os (queima-os) para obter energia;
- armazena-os, sob a forma de novas moléculas, nos tecidos adiposos do organismo (o que, ocorrendo em excesso, leva uma pessoa a engordar).

Actividades

1. Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.

O azeite é...

- a) ... um óleo de origem animal.
- b) ... um óleo de origem vegetal.
- c) ... uma gordura de origem animal.
- d) ... uma gordura de origem vegetal.

2. Diz o que entendes por triglicerídeos.

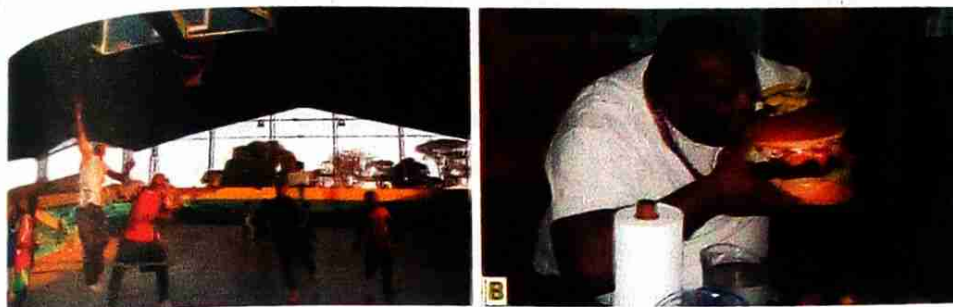


Fig. 15 – No processo do metabolismo, o nosso organismo pode (A) “queimar” triglicerídeos para obter energia mas também pode (B) armazená-los correndo-se o risco, se for em excesso, de engordar.

Apesar de os triglicerídeos funcionarem como reservas energética e protectora do nosso organismo, o seu metabolismo é, no entanto, mais difícil do que o dos hidratos de carbono, pois as moléculas que os constituem são mais complexas e mais difíceis de metabolizar.

Estudos feitos na área da Medicina provaram que, se por um lado os triglicerídeos saturados, como a banha de porco e a manteiga, provocam aterosclerose – entupimento das artérias –, por outro também mostraram que os isómeros *trans* dos ácidos gordos insaturados entopem mais as artérias do que os seus isómeros *cis*. Estes conhecimentos são aplicados na indústria alimentar, recorrendo-se a condições selectivas que não favoreçam a formação de isómeros *trans* dos ácidos gordos insaturados. Assim, procuram-se as melhores condições para produzir alimentos mais saudáveis.

► Do óleo à margarina

Margarina é o termo comum usado para identificar gorduras alimentares de origem vegetal usadas em substituição da manteiga. O seu nome deriva da descoberta do ácido margárico ou ácido heptadecanóico, $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{15}-\text{COOH}$, por Michel Eugene Chevreul, em 1813. Com o surgimento da hidrogenação catalítica a margarina passou a ser produzida em larga escala a nível mundial.

Pelo processo de hidrogenação, as gorduras insaturadas (óleos) passaram a ser convertidas em saturadas segundo a equação geral:

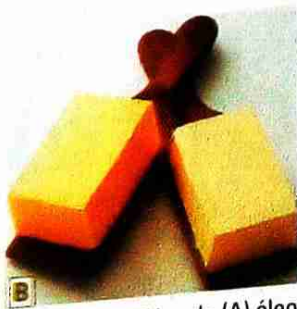


Fig. 16 – A partir da hidrogenação catalítica de (A) óleos é possível produzir (B) margarina; (C) a manteiga é um produto de origem animal.

Durante muito tempo nutricionistas, médicos e as pessoas de um modo geral julgavam que a margarina era mais saudável que a manteiga porque a última possui muitas gorduras saturadas. No entanto, graças aos conhecimentos introduzidos pela investigação científica, concluiu-se que a margarina resultante do processo de hidrogenação dos óleos continha gorduras *trans*, muito mais prejudiciais à saúde, principalmente por serem causadoras de doenças cardiovasculares. Por esse motivo, gerou-se uma controvérsia. Enquanto certos nutricionistas consideram que a margarina é mais prejudicial, outros acham que ela é melhor que a manteiga, pois possui menos gorduras saturadas.

Actualmente, o processo de produção da margarina já não passa pela fase de hidrogenação. Na maioria dos casos, ela é produzida com a selecção de uma grande variedade de gorduras vegetais, geralmente misturadas com leite desnatado, sal, emulsionantes e vitaminas.

SABIAS QUE...

... Consumidas em quantidades moderadas, tanto a margarina como a manteiga não elevam o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares?

A margarina oriunda da hidrogenação de óleos vegetais, em geral, é um produto rico em ácidos gordos poli e monoinsaturados.

A manteiga é um produto de origem animal que tem na sua composição predominantemente gorduras saturadas que, em excesso, são prejudiciais à saúde.

Actualmente, a produção da margarina começa com a selecção de óleos vegetais líquidos e hidrogenados que podem ser de palma, soja, semente de algodão, amendoim, milho ou girassol. Depois adicionam-se-lhes outros componentes, como água e leite em pó desnatado, sal refinado, emulsionante, corantes e vitaminas.

3.5. Sabões e detergentes

Sabões e detergentes são substâncias **tensoactivas**, também designadas por **tensidas**, que, usadas em conjunto com água, servem para **lavar e limpar**. A sua apresentação é variada, desde barras sólidas até líquidos viscosos.



Fig. 17 – Existe uma grande variedade de sabões e detergentes, desde barras sólidas até líquidos viscosos. Alguns exemplos são: (A) o sabão azul, (B) os sabonetes, (C) os detergentes da louça e (D) os detergentes da roupa.

Do ponto de vista químico, o sabão é um sal de ácido gordo. O sabão é produzido a partir da reacção entre uma gordura e hidróxido de sódio ou de potássio ou carbonato de sódio. A reacção química de produção do sabão denomina-se **saponificação**. Nela, a gordura e as bases são hidrolisadas em água.

Como produtos da reacção formam-se a glicerina e os ácidos gordos que se ligam aos iões livres de sódio ou potássio para formar o sabão.

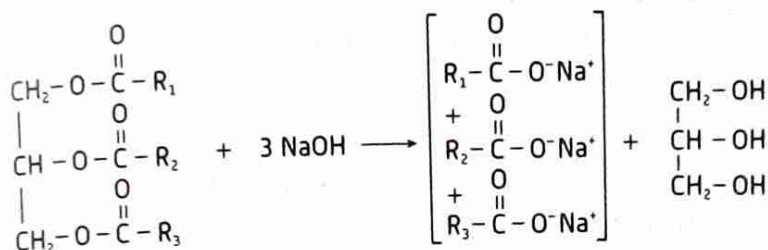


Fig. 18 - A reacção de saponificação representada ocorre com o hidróxido de sódio. Os radicais R_1 , R_2 e R_3 representam cadeias carbónicas longas, características de ácidos gordos.

Sabões são sais dos ácidos gordos onde a parte da cadeia carbónica é lipófila (tem afinidade com a gordura) e o resto ácido é hidrófilo (tem afinidade com a água).

A palavra **sabão** provém do latim *sebum*, que significa sebo. Como reza a história, inicialmente o sabão era produzido a partir de sebo e cinzas vegetais.

Muitos produtos de limpeza actuais não são tecnicamente sabões, mas sim detergentes de produção mais barata e simples.

A palavra **detergente** provém do latim *detergere*, que significa limpar. Assim, os **detergentes** ou **surfactantes** são substâncias anfifílicas, ou seja, substâncias que apresentam na sua estrutura molecular uma parte polar (extremo **hidrofílico** que é solúvel em água) e outra apolar (extremo **hidrófobo** que recusa a água), o que dá a estas moléculas a propriedade de limparem as gorduras dos tecidos e superfícies.

O surgimento de detergentes diferentes do sabão deveu-se de um modo geral à escassez de sabão durante a Primeira Guerra Mundial. Assim, apareceram no mercado produtos detergentes não saponáceos que incluem misturas de substâncias tensoactivas com outros coadjuvantes, como os polifosfatos, os silicatos, os carbonatos e os perborantes, e agentes auxiliares, como enzimas, substâncias fluorescentes, estabilizadores de espuma, corantes e perfumes.

Os **detergentes não saponáceos** são compostos por moléculas orgânicas de elevada massa molecular, geralmente sais de ácidos sulfónicos.

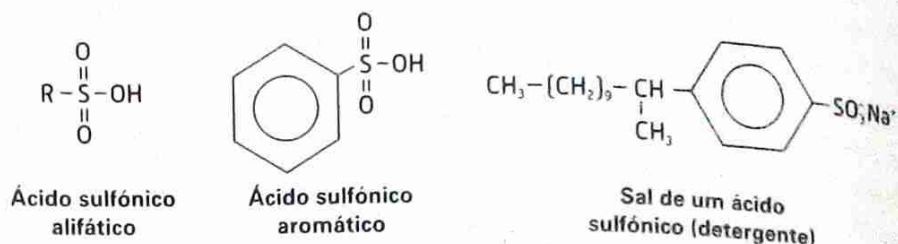
Actividades

1. Define sabão.

2. Selecciona a opção correcta.

- (A) Os sabões e os detergentes são substâncias tensoactivas.
- (B) O sabão é um sal de um álcool.
- (C) A reacção química de produção do sabão denomina-se esterificação.
- (D) A palavra sabão provém do latim e significa limpar.

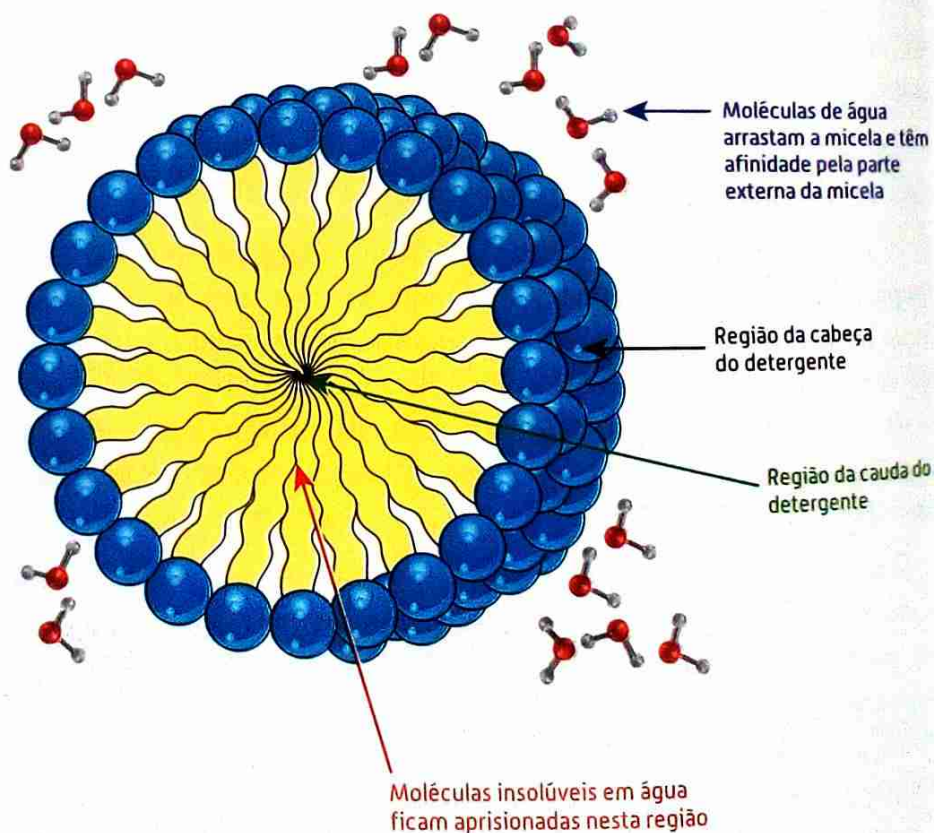
Os ácidos sulfônicos podem ser alifáticos ou aromáticos, tal como ilustram os exemplos que se seguem.



Cada uma das suas extremidades apresenta carácter polar diferente. Uma (R ou Ar) é apolar, enquanto a outra ($\text{SO}_3^- \text{Na}^+$) é polar. Enquanto a parte polar possui afinidade pela água, a apolar possui afinidade por gorduras e outras substâncias não solúveis (apolares).

A composição dos sabões e detergentes permite interações que resultam na formação de uma estrutura conhecida por micela, que permite remover a sujidade, auxiliando na limpeza.

Como se pode ver na figura 19, a micela é um conglomerado de moléculas que se distingue por se constituir por duas partes distintas – uma apolar (no centro) que solubiliza as gorduras e outra polar (externa) que se mistura facilmente com a água onde se encontram as substâncias solúveis em água.



Corte transversal na estrutura 3D de uma micela

Fig. 19 – Representação da estrutura formada nos sabões e detergentes designada por micela.

Na formação de uma micela de sabão em água, as moléculas de sabão ligam-se entre si pelos extremos **hidrófobos** que correspondem às cadeias hidrocarbonadas, enquanto os seus extremos **hidrófilos**, aqueles que derivam dos grupos carboxilo, ionizados negativamente por perda de um catião sódio ou potássio, se repelem entre si. Assim as cadeias apolares do sabão ocultam-se da água, enquanto os grupos carboxilo, carregados negativamente, ficam expostos à mesma.

Acção dos sabões e dos detergentes

Devido à sua constituição química, os sabões e os detergentes possuem a propriedade de **detergir**, isto é, os seus reagentes têm a capacidade de se misturar com a água de modo a conseguir remover partículas de gordura ou de sujidade de modo muito eficaz.

Os sabões e os detergentes limpam porque as suas moléculas ligam-se tanto a moléculas não polares (como a gordura ou o óleo) quanto a polares (como a água). Embora a gordura geralmente adira à pele ou à roupa, as moléculas de sabão ou detergente ligam-se à gordura e tornam-na mais fácil de ser enxaguada em água. Quando aplicada a uma superfície suja, a água com sabão ou detergente mantém as partículas de sujidade em suspensão, para que o conjunto possa ser enxaguado com água limpa. A parte correspondente à cadeia do hidrocarboneto dissolve a sujidade, óleos e gorduras, enquanto a porção ionizada torna o sabão solúvel em água. Assim, permite que a água remova matéria normalmente insolúvel em água, por meio da **emulsificação**.

A acção dos sabões e detergentes na limpeza ocorre obedecendo às seguintes etapas:

- Sabões e detergentes começam por diminuir a tensão da água, de modo a que esta possa “molhar melhor” os materiais. É por isso que os sabões e detergentes são designados por substâncias tensoactivas.
- Concentração de partículas de óleo ou gordura em micelas coloidais que se mantêm dispersas na água.
- Formação da emulsão que impede o reagrupamento das micelas que se afastam umas das outras por repulsão de cargas eléctricas. É nas micelas que a partícula de gordura fica envolvida. As partes polares permanecem na água, tornando solúvel a partícula gordurosa.
- Remoção da sujidade que ocorre fazendo passar água limpa sobre o material após a interacção com o sabão ou detergente.

O detergente mais comum é o sal *para*-dodecilbenzenossulfonato de sódio, que se produz através da reacção de carbonato de sódio (soda) com o ácido sulfónico (dodecilaquilbenzilssulfónico).

Actividades

1. Como se designa a estrutura formada nos sabões e detergentes? Explica o seu funcionamento.
2. Indica as etapas correspondentes à acção dos sabões e dos detergentes na limpeza.
3. Como se designa o processo que permite que a água remova matéria normalmente insolúvel em água.

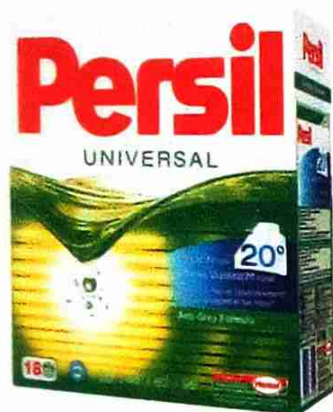


Fig. 20 – O primeiro detergente saponáceo foi o Persil, cujo nome deriva das três primeiras letras dos produtos da mistura.

O primeiro detergente (saponáceo) foi fabricado na Alemanha em 1907. Consistia numa mistura de sabão tradicional com perborato e silicato sódicos. Ficou conhecido por Persil, que são as três primeiras letras dos produtos da mistura.

A maioria dos detergentes são compostos de sódio denominados sulfonatos de alquilbenzeno lineares (LAS). Outros são compostos de alquilbenzeno, sulfatos de cadeia ramificada (ABS), que se degradam mais lentamente que os LAS.

Diferença entre sabões e detergentes

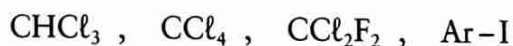
A principal diferença está nos grupos polares: nos sabões é o grupo carboxilato (COO^-Na^+) e nos detergentes é o grupo sulfonato (SO_3^-Na^+).

4. Reacções de transformação entre hidrocarbonetos, haletos orgânicos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos e ésteres

Os haletos orgânicos (ou derivados halogenados) são compostos orgânicos que se formam pela troca, nos hidrocarbonetos, de um ou mais átomos de hidrogénio por átomos de halogéneos.

Representados pela fórmula geral R-X ou Ar-X , eles podem ser alifáticos ou aromáticos e classificam-se em fluoretos, cloretos, brometos e iodetos conforme X for F, Cl, Br ou I. Também podem ser mistos, ou seja, na mesma molécula existem átomos de halogéneos diferentes.

Exemplos:



Propriedades químicas

Os haletos orgânicos são muito reactivos e, a partir deles, podem ser sintetizadas todas as outras funções orgânicas. Porém, um dos problemas das reacções dos haletos orgânicos é que se destinam à preparação de produtos de preço elevado, tais como medicamentos, corantes especiais e outros.

Estes compostos obedecem à seguinte ordem de reactividade:

Iodetos > Brometos > Cloretos > Fluoretos

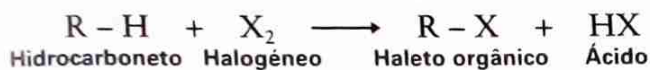
Como se pode ver, a reactividade diminui dos iodetos para os fluoretos. Isto acontece porque a energia de ligação C-X aumenta do iodo para o flúor, ou seja, diminui ao longo do grupo da Tabela Periódica.

De igual modo, a reactividade diminui pela seguinte ordem:

Haletos terciários > Haletos secundários > Haletos primários > Haletos de metilo

As reacções que levam à transformação entre hidrocarbonetos, haletos orgânicos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos e ésteres podem ser resumidas da seguinte forma:

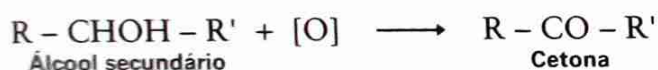
• Halogenação de um hidrocarboneto



• Reacção de um haletto orgânico com uma base



• Oxidação de um álcool primário ou secundário



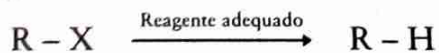
• Oxidação de um aldeído



• Esterificação de um ácido carboxílico com um álcool



De igual modo, também se podem converter quaisquer um destes compostos em hidrocarbonetos. Como, por exemplo, é possível converter um haletto orgânico num hidrocarboneto:



• Reacção com HI (método de Berthelot)



• Reacção com sódio (síntese de Wurtz)



Irás aprender mais sobre este tipo de reacções nas classes mais avançadas.

RESUMO

Os **ácidos carboxílicos** são compostos orgânicos que apresentam o **grupo funcional carboxilo** ($-\text{COOH}$). Consoante o **número de grupos carboxilo** existentes os ácidos orgânicos podem ser **monocarboxílicos, dicarboxílicos, tricarboxílicos**, etc.

Segundo a **nomenclatura IUPAC**, a designação de todos os ácidos carboxílicos inicia-se com a palavra **ácido** e termina com a substituição da última letra do nome do alcano correspondente pelo sufixo **-óico**.

Na **nomenclatura usual** os nomes dos ácidos carboxílicos encontram-se relacionados com alguma qualidade específica do ácido ou com a origem das substâncias onde estes se encontram.

Os ácidos carboxílicos obtêm-se principalmente pelos seguintes métodos: **reações de oxidação dos álcoois primários ou aldeídos, reações de oxidação de alcenos ou alcinos e reações de hidrólise de ésteres**.

As **propriedades dos ácidos carboxílicos** são determinadas, por um lado, pelo grupo funcional $-\text{COOH}$ e, por outro, pela **dimensão da cadeia carbónica**.

Os **ácidos carboxílicos** são substâncias **polares**, podendo formar ligações intermoleculares por **pontes de hidrogénio** entre si ou com moléculas de outra espécie.

Os ácidos carboxílicos com até quatro carbonos são líquidos incolores, miscíveis com a água. Os ácidos carboxílicos de cinco a oito carbonos são líquidos incolores e viscosos, muito pouco solúveis. Os ácidos carboxílicos com nove ou mais carbonos são sólidos brancos, semelhantes à cera, insolúveis em água.

Os **ácidos carboxílicos** são, de um modo geral, **ácidos fracos**.

Comparando-se um ácido carboxílico e um álcool, ambos com o mesmo número de carbonos, o ácido terá maior ponto de ebulição devido à formação de duas ligações por pontes de hidrogénio e não apenas uma.

Os ácidos carboxílicos **avermelham o papel com azul de tornasol, o alaranjado de metilo e o indicador universal e mantêm incolor a fenolftaleína**.

As reações químicas mais características dos ácidos carboxílicos são: **reação com metais reactivos, reação com bases – neutralização, reação com sais de ácidos mais fracos e reação com álcoois – esterificação**.

O **primeiro membro alifático dos ácidos carboxílicos** é o **ácido metanóico** ou **fórmico** (HCOOH) que é um líquido incolor, cáustico, de cheiro forte e irritante. Está presente no veneno de muitas plantas e em alguns frutos bem como em animais, tais como as abelhas e as formigas. Destas últimas é que deriva o seu nome usual.

As principais reações do ácido fórmico são: **reação de oxidação, reação com metais activos, reação de neutralização, reação com sais de ácidos mais fracos, reação de decomposição por aquecimento e reação de desidratação**.

O **segundo membro dos ácidos carboxílicos** é o **ácido etanóico** ou **acético** (CH_3COOH), responsável pelo sabor azedo do vinagre. Quando puro, o ácido acético é um líquido incolor, de cheiro forte penetrante e característico, que congela a $16,7^\circ\text{C}$, tomando o aspecto de gelo. Mistura-se com água em qualquer proporção devido à sua polaridade e à capacidade que tem de formar ligações intermoleculares por pontes de hidrogénio.

As principais reações do ácido acético são: **reação de oxidação (fermentação) do álcool etílico e reação de oxidação catalítica**.

Os **ésteres** são compostos orgânicos com o **grupo funcional $\text{R}-\text{COO}-\text{R}'$** .

Um **éster** é o produto da reação de um ácido oxigenado (orgânico ou inorgânico) com um álcool. A reação ocorre por condensação (uma reação que produz água). Ao processo dá-se o nome de **esterificação**.

Os **ésteres** são considerados compostos análogos aos sais. Como são sais do ácido e do grupo alcoólico ou fenólico, na sua designação, segundo a **IUPAC**, indica-se primeiro o ácido correspondente, substituindo-se o sufixo **-óico** (de ácido) por **-ato** (de sal). De seguida, adiciona-se o **nome do radical do ácido**. Entre as duas palavras coloca-se a preposição **"de"**.

Os ésteres são substâncias comuns na Natureza que podem ser encontrados, por exemplo, **nas essências de frutas, madeiras e flores, nos óleos e nas gorduras, nas ceras, como a das abelhas, etc.**

Os ésteres podem então ser obtidos por: **esterificação directa e reação de sais com haletos orgânicos**.

Os **ésteres** orgânicos de massas moleculares baixas são líquidos, incolores e de cheiro agradável. À medida que se aumenta a massa molecular, tornam-se mais viscosos e gordurosos (óleos vegetais e animais), até tomarem a forma sólida (gorduras e ceras).

Os **ésteres** não possuem ligações intermoleculares por pontes de hidrogénio, logo são insolúveis em água sendo, no entanto, solúveis em álcool, éter e clorofórmio (solventes orgânicos comuns). Pelo mesmo motivo, possuem pontos de ebulição menores que os dos álcoois e dos ácidos com a mesma massa molecular.

As principais reacções químicas dos ésteres são: **reacção de hidrólise ácida – processo inverso da esterificação**, **reacção de hidrólise básica – saponificação** e **reacção de alcoólise ou transesterificação**.

Os ésteres podem ser classificados em três classes: **essências**, **óleos e gorduras** e **ceras**.

Os ésteres mais comuns que se encontram na natureza são as **gorduras** e os **óleos vegetais**, os quais são ésteres da glicerina com ácidos gordos – designam-se genericamente por **glicerídeos**.

Os **ácidos gordos** são ácidos orgânicos alifáticos de cadeia longa. Podem ser saturados ou insaturados.

A **glicerina** é um triálcool, pois possui três grupos $-OH$ que são bastante reactivos e se deixam esterificar ao reagirem com ácidos gordos, como o **ácido palmítico** ($C_{15}H_{31}COOH$), o **ácido esteárico** ($C_{17}H_{35}COOH$), o **ácido oleico** ($C_{17}H_{33}COOH$) e o **ácido linoleico** ($C_{17}H_{31}COOH$).

O **ácido palmítico** e o **ácido esteárico** são ácidos gordos de **cadeia saturada**, sendo **sólidos** à temperatura ambiente. O **ácido oleico** e o **ácido linoleico** são ácidos gordos de **cadeia carbónica insaturada**. Entre os átomos de carbono destes dois ácidos existem uma e duas ligações duplas, respectivamente. Por serem insaturados, são ambos **líquidos** à temperatura ambiente.

Quando há a combinação da glicerina (um triálcool) com ácidos gordos de cadeia longa, na qual os três grupos hidroxilo da glicerina sofreram condensação carboxílica com os ácidos, os quais não precisam de ser necessariamente iguais, forma-se um **triglicerídeo**.

Os **triglicerídeos** são muito importantes para o bom funcionamento do organismo humano.

Pelo processo de hidrogenação, as gorduras insaturadas (**óleos**) passaram a ser convertidas em saturadas originando as **margarinas**.

A **manteiga** é um produto de origem animal que tem na sua composição predominantemente gorduras saturadas.

Sabões e **detergentes** são substâncias **tensoactivas**, também designadas por **tensidas**, que, usadas em conjunto com água, servem para **lavar** e **limpar**. A sua apresentação é variada, desde barras sólidas até líquidos viscosos.

Do ponto de vista químico, o **sabão** é um **sal de ácido gordo**, onde a parte da cadeia carbónica é **lipófila** (tem afinidade com a gordura) e o resto ácido é **hidrófilo** (tem afinidade com a água). O sabão é produzido a partir da reacção entre uma gordura e hidróxido de sódio ou de potássio ou carbonato de sódio. A reacção química de produção do sabão denomina-se **saponificação**.

Os **detergentes** ou **surfactantes** são substâncias **anfifílicas**, ou seja, substâncias que apresentam na sua estrutura molecular uma parte polar (extremo **hidrofílico** que é solúvel em água) e outra apolar (extremo **hidrófobo** que recusa a água), o que dá a estas moléculas a propriedade de limparem as gorduras dos tecidos e superfícies.

A composição dos sabões e detergentes permite interacções que resultam na formação de uma estrutura conhecida por **micela**, que permite remover a sujidade, auxiliando na limpeza.

A principal diferença entre sabões e detergentes está nos grupos polares: nos **sabões** é o **grupo carboxilato** (COO^-Na^+) e nos **detergentes** é o **grupo sulfonato** ($SO_3^-Na^+$).

Os **haletos orgânicos** (ou **derivados halogenados**) são compostos orgânicos que se formam pela troca, nos hidrocarbonetos, de um ou mais átomos de hidrogénio por átomos de halogéneos.

Os **haletos orgânicos** são muito reactivos e, a partir deles, podem ser sintetizadas todas as outras funções orgânicas.

As reacções que levam à transformação entre hidrocarbonetos, haletos orgânicos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos e ésteres podem ser resumidas da seguinte forma: **halogenação de um hidrocarboneto**, **reacção de um haleto orgânico com uma base**, **oxidação de um álcool primário ou secundário**, **oxidação de um aldeído** e **esterificação de um ácido carboxílico com um álcool**.

Também se podem converter quaisquer uns destes compostos em hidrocarbonetos. Por exemplo, é possível converter um haleto orgânico num hidrocarboneto.

Actividades

- Escreve as fórmulas de estrutura dos seguintes ácidos.
 - Ácido fórmico;
 - Ácido acético;
 - Ácido butírico;
 - Ácido cítrico;
 - Ácido oleico;
 - Ácido palmítico.
- Nomeia os ácidos da questão 1. usando a nomenclatura IUPAC.
- Quais são as semelhanças e as diferenças entre ácidos inorgânicos e ácidos carboxílicos?
- Representa o grupo funcional dos ácidos carboxílicos e indica o estado de oxidação do átomo de carbono no mesmo.
- Como varia a solubilidade dos ácidos carboxílicos em água?
- Compara os pontos de ebulição dos ácidos carboxílicos com os dos álcoois e alcanos correspondentes.
- Apresenta a fórmula de estrutura do ácido fórmico e indica a razão que o torna semelhante aos aldeídos na sua reactividade.
- Escreve a equação da reacção de fermentação do vinho até se formar o vinagre.
- Escreve a equação da reacção de formação do ácido acético a partir do eteno.
- Escreve a equação da reacção do ácido fórmico com o sódio e indica os nomes dos produtos da reacção.
- Escreve a equação da reacção do ácido acético com o carbonato de sódio e indica os nomes dos produtos da reacção.
- Escreve a equação da reacção do ácido oxálico com o hidróxido de bário e indica os nomes dos produtos da reacção.
- Indica três aplicações do ácido fórmico e três aplicações do ácido acético.
- O que são glicerídeos?
- Qual é a diferença entre óleos e gorduras?
- Selecciona a opção que indica correctamente a fórmula geral dos ésteres.
 - $R - CHO$
 - $R - COOH$
 - $R - COO - R'$
 - $R - OH$
- Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.

O óleo de amendoim é rico em...

 - ... gordura animal.
 - ... triglicéridos saturados.
 - ... triglicéridos insaturados.
 - ... gordura vegetal.

18. Faz corresponder as fórmulas aos nomes e às respectivas famílias de substâncias orgânicas que se indicam no seguinte quadro.

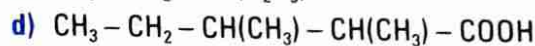
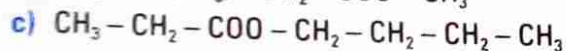
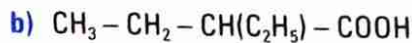
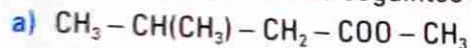
FORMULA	NOME	FAMÍLIA
$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CHO}$	Ácido 2-metilpropanóico	Cetona
$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COOH}$	2-Metilpropanal	Ácido carboxílico
$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$	Propanoato de etilo	Éster
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Dimetilcetona	Aldeído

19. O que são haletos orgânicos?
20. Escreve a equação da reacção de transformação do eteno a álcool e deste a ácido passando por aldeído.
21. Escreve a equação da reacção que leva à formação do etano a partir do aldeído acético.
22. Escreve a equação da reacção de produção de sabão a partir de óleo de palma.
23. Os ésteres são responsáveis pelo sabor de muitos frutos, flores e aromatizantes artificiais. O cheiro e o sabor do butanoato de etilo são semelhantes aos do ananás.

Escreve a equação da reacção deste composto com o NaOH e nomeia os produtos da reacção obtidos.



24. Indica o nome IUPAC dos seguintes compostos.



25. Completa as seguintes frases.

(A) Os _____ são compostos orgânicos com o grupo funcional $\text{R} - \text{COO} - \text{R}'$.

(B) Os _____ são, de um modo geral, ácidos fracos.

(C) Os ácidos carboxílicos formam ligações intermoleculares _____.

(D) A reacção entre um álcool e um ácido carboxílico formando-se um éster e água designa-se por _____.

(E) Os ácidos carboxílicos são compostos orgânicos com o grupo funcional _____.

(F) A estrutura que se forma resultante de interacções nos sabões e detergentes designa-se por _____.

(G) Os sabões e os detergentes são designados por substâncias _____.

(H) O nome, segundo a IUPAC, dos ácidos carboxílicos inicia-se com a palavra _____ e termina com o sufixo _____.

26. Selecciona a opção que completa correctamente a seguinte frase.

Os haletos orgânicos são compostos orgânicos que se formam pela troca, nos hidrocarbonetos, de um ou mais átomos de hidrogénio por...

(A) ... átomos de gases nobres.

(B) ... átomos de halogéneos.

(C) ... grupos - CHO.

(D) ... grupos - COOH.

27. Relativamente à reactividade dos haletos orgânicos, selecciona a opção correcta.

(A) Fluoretos > Cloretos > Brometos > Iodetos

(B) Iodetos > Fluoretos > Cloretos > Brometos

(C) Iodetos > Brometos > Fluoretos > Cloretos

(D) Iodetos > Brometos > Cloretos > Fluoretos

Agora vou experimentar

► EXPERIÊNCIA 1

ACÇÃO DO VINAGRE SOBRE A CASCA DE OVO, O CARBONATO DE SÓDIO E O GIZ

MATERIAIS:

- Vidro de relógio ou pires
- Conta-gotas

REAGENTES:

- Vinagre branco
- Carbonato de sódio sólido
- Casca de ovo
- Giz

PROCEDIMENTO:

1. Colocar pedaços pequenos de casca de ovo sobre o vidro de relógio.
2. Com um conta-gotas deixar gotejar o vinagre sobre a casca de ovo.
3. Repetir o mesmo procedimento substituindo a casca de ovo por carbonato de sódio e em seguida por giz.
4. Observar e anotar as observações.
5. Tirar as devidas conclusões.

► EXPERIÊNCIA 2

O CARÁCTER ÁCIDO DO VINAGRE E DOS SUMOS DE FRUTAS

MATERIAIS:

- Tubos de ensaio
- Conta-gotas

REAGENTES:

- Vinagre branco
- Solução de HCl a 0,2 M
- Indicador azul de tornasol
- Sumos de frutas da época (limão, laranja, ananás, maçã, caju, etc.)

PROCEDIMENTO:

1. Colocar 5 mL da solução de ácido clorídrico a 0,2 M num tubo de ensaio e adicionar-lhe duas gotas de indicador azul de tornasol.
2. Colocar 5 mL de vinagre num tubo de ensaio e adicionar-lhe duas gotas de indicador azul de tornasol.
3. Colocar 5 mL de sumo de fruta num tubo de ensaio e adicionar-lhe duas gotas de indicador azul de tornasol.
4. Repetir o procedimento usando os sumos das restantes frutas.
5. Observar e anotar as observações.
6. Tirar as devidas conclusões.

▶ EXPERIÊNCIA 3

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDO ACÉTICO NO VINAGRE

MATERIAIS:

- Balão de Erlenmeyer de 250 mL
- Pipeta de 20 mL
- Pipeta de 10 mL
- Balão volumétrico de 100 mL
- Bureta

REAGENTES:

- Vinagre branco
- Água destilada
- Solução de indicador fenolftaleína
- Solução-padrão hidróxido de sódio a 0,1 M

PROCEDIMENTO:

1. Com uma pipeta de 10 mL transferir 10 mL de vinagre branco para um balão volumétrico de 100 mL e diluir com água destilada.
2. Com a pipeta de 20 mL transferir 20 mL da solução diluída para um balão de Erlenmeyer de 250 mL.
3. Colocar no balão de Erlenmeyer duas gotas de indicador fenolftaleína e acrescentar água destilada até um volume de 50 mL.
4. Colocar numa bureta 50 mL da solução-padrão de hidróxido de sódio a 0,1 M.
5. Titular a solução de vinagre com a solução-padrão de hidróxido de sódio.
6. Quando ocorrer a viragem de cor da fenolftaleína, ler e anotar o volume de solução-padrão gasto.
7. Repetir os pontos 5. e 6. até obter valores concordantes.
8. Anotar as observações e calcular a concentração de ácido acético na solução de vinagre preparada.

▶ EXPERIÊNCIA 4

ACÇÃO DO VINAGRE SOBRE O SABÃO

MATERIAIS:

- Tubo de ensaio ou garrafa plástica
- Conta-gotas

REAGENTES:

- Vinagre branco
- Solução de sabão-mainato ou brisa

PROCEDIMENTO:

1. Introduzir, num tubo de ensaio, cerca de 5 mL de vinagre.
2. Adicionar, gota a gota, a solução de sabão.
3. Anotar as observações e tirar as devidas conclusões.

▶ EXPERIÊNCIA 5

ACÇÃO DO VINAGRE SOBRE METAIS

MATERIAIS:

- Tubos de ensaio (3)
- Conta-gotas

REAGENTES:

- Vinagre branco
- Solução de ácido clorídrico a 0,2 M
- Zinco
- Magnésio
- Palha-d' aço

PROCEDIMENTO:

1. Introduzir no primeiro tubo de ensaio um grânulo de zinco, no segundo um pedaço de fita de magnésio e no terceiro uma porção de palha-d' aço.
2. Adicionar a cada tubo de ensaio 5 a 10 mL de vinagre branco e deixar reagir durante, aproximadamente, 15 minutos.
3. Repetir o procedimento substituindo o vinagre pela solução de ácido clorídrico.
4. Observar atentamente e anotar as observações.
5. Tirar as devidas conclusões.

▶ EXPERIÊNCIA 6

FORMAÇÃO DE ÉSTERES

MATERIAIS:

- Tubo de ensaio
- Fonte de calor (bico de Bunsen, placa de aquecimento ou lamparina de álcool)
- Conta-gotas

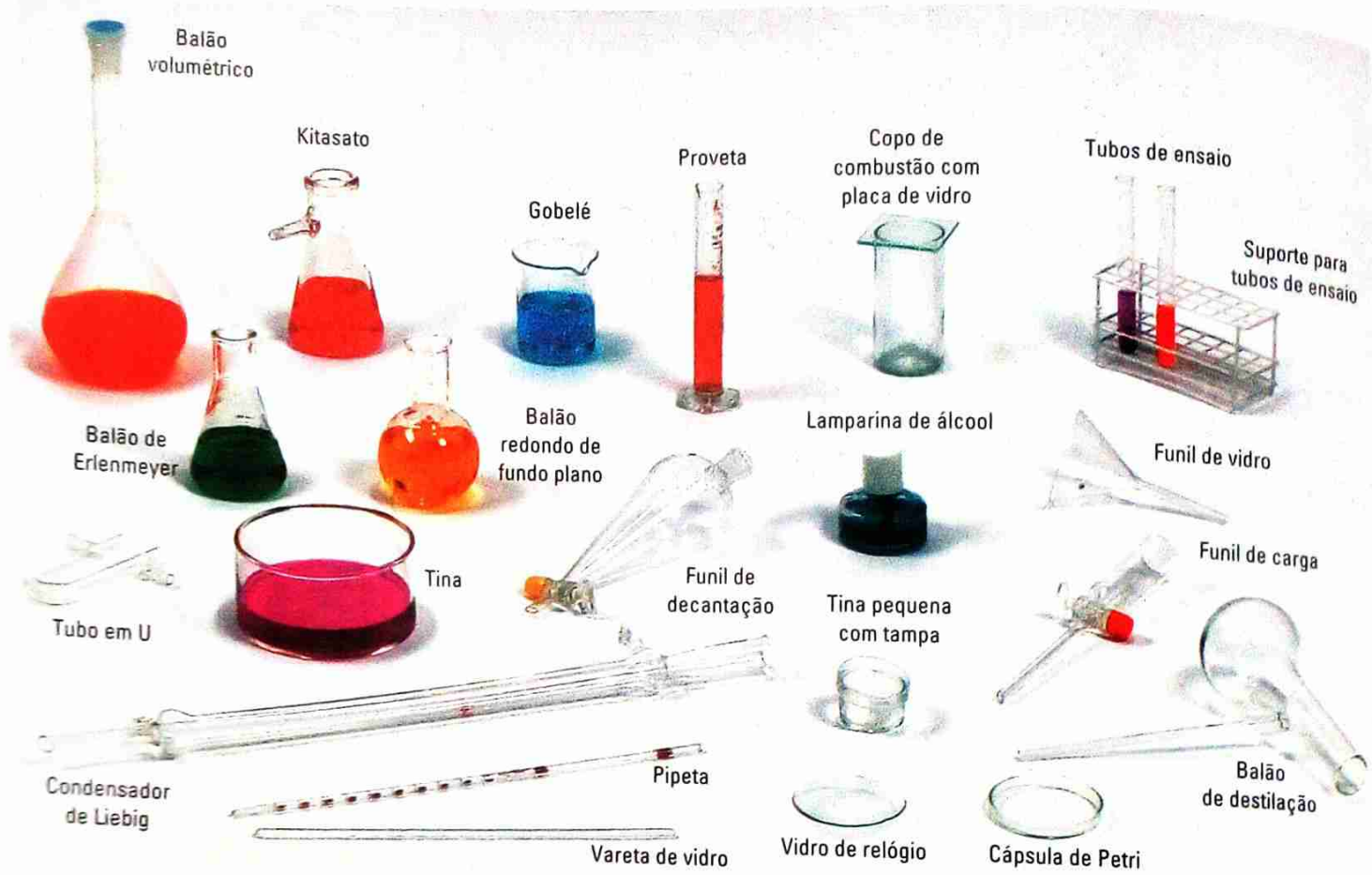
REAGENTES:

- Etanol
- Ácido sulfúrico concentrado

PROCEDIMENTO:

1. Introduzir, num tubo de ensaio, 5 gotas de etanol.
2. Acrescentar-lhe 5 gotas de ácido sulfúrico concentrado.
3. Aquecer suavemente o tubo de ensaio, com a chama da lamparina de álcool sem aproximar muito o tubo da chama.
4. Observar atentamente e anotar as observações.
5. Tirar as devidas conclusões.

Material de Laboratório de Química



Simbologia em Química

Alguns símbolos de perigosidade de produtos químicos



Símbolos de proibição



Símbolos de precaução





Símbolo de perigosidade	Cuidados a ter na utilização do produto	Símbolo de perigosidade	Cuidados a ter na utilização do produto
 C – Corrosivo	Evitar o contacto com a pele, os olhos e o vestuário.	 O – Comburente	Evitar o contacto com materiais inflamáveis.
 E – Explosivo ou irritável	Evitar a proximidade de chamas e o choque.	 T – Tóxico	Evitar completamente o contacto com a pele e os olhos. Nunca respirar os vapores.
 F – Inflamável	Colocar longe de chamas ou de fontes de calor.	 Xi – Irritante	Evitar o contacto com a pele e os olhos.
 N – Perigoso para o ambiente	Não colocar no lixo doméstico. Eliminar conforme indicação na embalagem.	 Xn – Nocivo	Evitar o contacto com a pele e os olhos. Não respirar os vapores.

Tabela Periódica dos Elementos

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10	Grupo 11	Grupo 12	Grupo 13	Grupo 14	Grupo 15	Grupo 16	Grupo 17	Grupo 18														
1.00794 H Hidrogênio [1s] 1s ¹	6.941 Li Lítio [He] 2s ² 2p ¹	9.012182 Be Berílio [He] 2s ²	47.867 Ti Titânio [Ar] 3d ² 4s ²	50.9415 V Vanádio [Ar] 3d ³ 4s ²	51.9961 Cr Cromo [Ar] 3d ⁵ 4s ¹	54.938045 Mn Manganês [Ar] 3d ⁵ 4s ²	55.845 Fe Ferro [Ar] 3d ⁶ 4s ²	58.933195 Co Cobalto [Ar] 3d ⁷ 4s ²	58.933195 Ni Níquel [Ar] 3d ⁸ 4s ²	63.546 Cu Cobre [Ar] 3d ¹⁰ 4s ¹	65.409 Zn Zinco [Ar] 3d ¹⁰ 4s ²	69.723 Ga Gálio [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹	72.64 Ge Germânio [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ²	74.92160 As Arsênio [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³	78.96 Se Selênio [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴	79.904 Br Bromo [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵	83.798 Kr Criptônio [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶	86 Rn Radônio [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶													
2.º Período	3.º Período	4.º Período	5.º Período	6.º Período	7.º Período	8.º Período	9.º Período	10.º Período	11.º Período	12.º Período	13.º Período	14.º Período	15.º Período	16.º Período	17.º Período	18.º Período	19.º Período														
138.90547 La Lantânio [Xe] 4f ¹ 5d ¹ 6s ²	140.116 Ce Cério [Xe] 4f ¹ 5d ¹ 6s ²	140.90765 Pr Praseodímio [Xe] 4f ² 6s ²	144.242 Nd Neodímio [Xe] 4f ⁴ 6s ²	145 Pm Promécio [Xe] 4f ⁵ 6s ²	150.36 Sm Samário [Xe] 4f ⁶ 6s ²	151.964 Eu Europio [Xe] 4f ⁷ 6s ²	157.25 Gd Gadolínio [Xe] 4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	158.92535 Tb Terbio [Xe] 4f ⁹ 6s ²	162.500 Dy Disprósio [Xe] 4f ¹⁰ 6s ²	164.93032 Ho Hólmio [Xe] 4f ¹¹ 6s ²	167.259 Er Erbio [Xe] 4f ¹² 6s ²	168.93421 Tm Tulio [Xe] 4f ¹³ 6s ²	173.04 Yb Iúbio [Xe] 4f ¹⁴ 6s ²	174.967 Lu Lutécio [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	223 Fr Francio [Rn] 7s ¹	226 Ra Rádio [Rn] 7s ²	227 Ac Actínio [Rn] 7s ² 7p ¹	228 Th Tório [Rn] 7s ² 7p ²	231.03588 Pa Protactínio [Rn] 7s ² 7p ² 7d ¹	238.02891 U Urânio [Rn] 7s ² 7p ² 7d ³	237.04817 Np Neptúnio [Rn] 7s ² 7p ² 7d ³ 8s ¹	244.04186 Pu Plutônio [Rn] 7s ² 7p ² 7d ⁵ 8s ²	247.07125 Am Amérvio [Rn] 7s ² 7p ² 7d ⁵ 8s ² 8p ¹	251.10888 Cm Cúrio [Rn] 7s ² 7p ² 7d ⁵ 8s ² 8p ²	252.0833 Bk Berquélio [Rn] 7s ² 7p ² 7d ⁵ 8s ² 8p ³	257.10375 Cf Califórnia [Rn] 7s ² 7p ² 7d ⁵ 8s ² 8p ⁴	258.10528 Es Erenstênio [Rn] 7s ² 7p ² 7d ⁵ 8s ² 8p ⁵	261.10871 Fm Fermio [Rn] 7s ² 7p ² 7d ⁵ 8s ² 8p ⁶	267.10321 Md Mendelécio [Rn] 7s ² 7p ² 7d ⁵ 8s ² 8p ⁷	268.10180 No Nobelio [Rn] 7s ² 7p ² 7d ⁵ 8s ² 8p ⁸	271.10379 Lr Lawrêncio [Rn] 7s ² 7p ² 7d ⁵ 8s ² 8p ⁹

Distribuição eletrônica por níveis de energia

Configuração eletrônica

Massa atômica (1)

Nome

N.º atômico (2)

Estados de oxidação (4)

Electronegatividade (Pauling)

Símbolo químico (3)

Exemplo: Fe
 26
 [Ar] 3d⁶ 4s²
 55.845
 Ferro
 +2, +3

- (1) Massas atômicas relativas ao átomo de carbono-12 e recomendadas pela IUPAC em 2007. Para elementos sem nuclídeos estáveis os valores apresentados entre parêntesis retos [] indicam o número de massa do isótopo mais estável desse elemento.
- (2) Elementos representativos
- (3) Elementos de transição
- (4) Estados físicos nas condições normais de pressão e temperatura: Preto - sólido, Vermelho - líquido, Azul - gás. Cinza - preparado por síntese.

Fontes:
 • IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry);
 • MIT (Massachusetts Institute of Technology);
 • University of Sheffield;
 • Peter Atkins;
 • Raymond Chang.

Símbolos da República de Moçambique

BANDEIRA



EMBLEMA



HINO NACIONAL

Pátria Amada

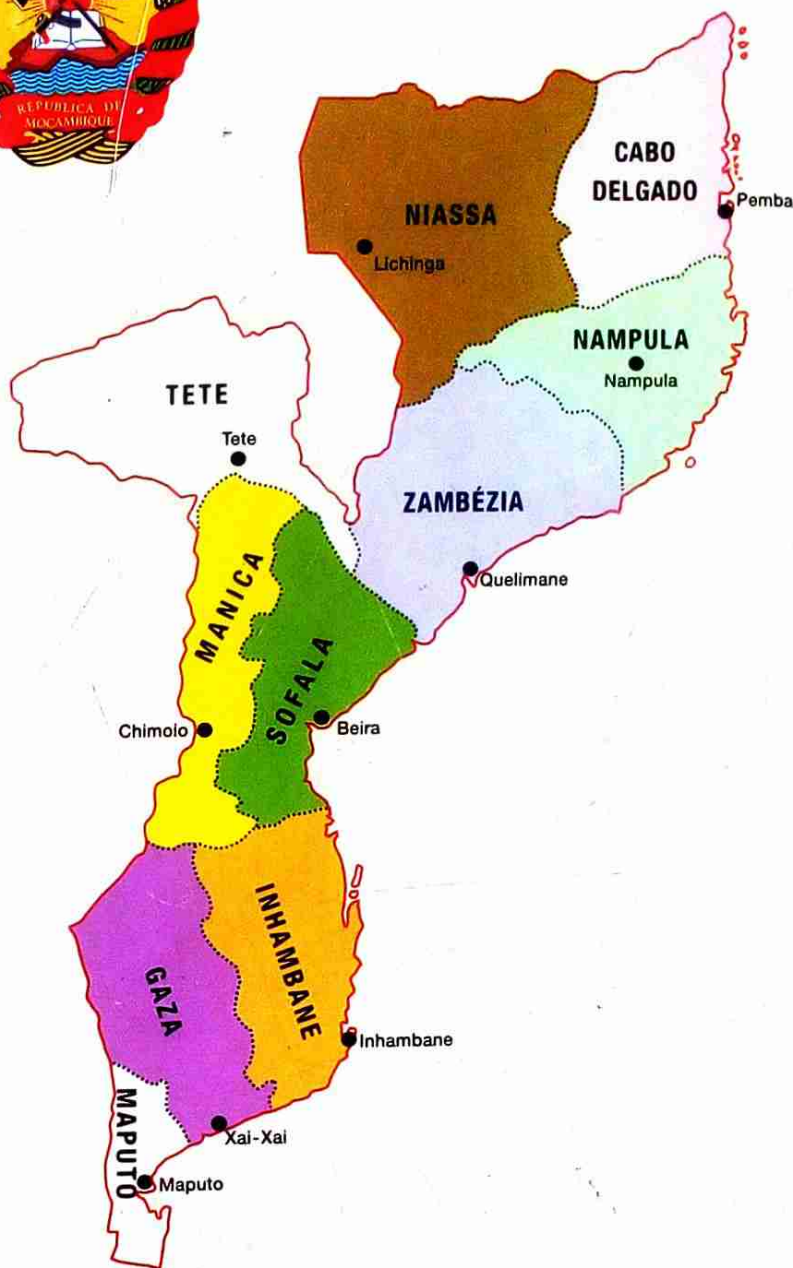
Na memória de África e do Mundo,
Pátria bela dos que ousaram lutar
Moçambique o teu nome é liberdade
O sol de Junho para sempre brilhará

Coro

Moçambique nossa terra gloriosa
pedra a pedra construindo o novo dia
milhões de braços, uma só força
ó pátria amada vamos vencer!

Povo unido do Rovuma ao Maputo
colhe os frutos do combate pela Paz
cresce o sonho ondulando na Bandeira
e vai lavrando na certeza do amanhã

Flores brotando do chão do teu suor
pelos montes, pelos rios, pelo mar
nós juramos por ti, ó Moçambique:
nenhum tirano nos irá escravizar



10.^a classe

Química

José António P. de Barros

LIVRO DO ALUNO

PLURAL
EDITORES

www.pluraleditores.co.mz

ISBN 978-989-611-176-2



09595.05