

**MATERIAL DO  
PROFESSOR**

• **Química**

**VOLUME**

**1**



PRÉ-VESTIBULAR  
**SEMIEXTENSIVO**

**MATERIAL DO  
PROFESSOR**

• **Química**

**VOLUME**

**1**

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

DOM BOSCO - SISTEMA DE ENSINO  
PRÉ-VESTIBULAR SEMIEXTENSIVO 1  
Ciências da natureza e suas tecnologias.  
© 2019 – Pearson Education do Brasil Ltda.

|  |   |
|--|---|
| <b>Vice-presidência de Educação</b>            | Juliano Melo Costa  |
| <b>Gerência editorial nacional</b>             | Alexandre Mattioli  |
| <b>Gerência de produto</b>                     | Silvana Afonso  |
| <b>Autoria</b>                                 | José Roberto Migliato Filho, Thiago Ferreira Luz  |
| <b>Coordenação editorial</b>                   | Luiz Molina Luz   |
| <b>Edição de conteúdo</b>                      | Luiz Molina Luz, Egídio Trambaioli  |
| <b>Assistência de edição</b>                   | Ana Carolina de Almeida Paulino   |
| <b>Leitura crítica</b>                         | José Roberto Migliato, Thiago Ferreira Luz, Curso São Carlos Ltda.                                    |
| <b>Preparação e revisão</b>                    | Fabiana Cosenza Oliveira  |
| <b>Gerência de Design</b>                      | Cleber Figueira Carvalho  |
| <b>Coordenação de Design</b>                   | Diogo Mecabo  |
| <b>Edição de arte</b>                          | Alexandre Silva   |
| <b>Coordenação de pesquisa e licenciamento</b> | Maiti Salla   |
| <b>Pesquisa e licenciamento</b>                | Andrea Bolanho, Cristiane Gameiro, Heraldo Colon, Maricy Queiroz, Sandra Sebastião, Shirlei Sebastião |
| <b>Ilustrações</b>                             | Carla Viana   |
| <b>Projeto Gráfico</b>                         | Apis design integrado   |
| <b>Diagramação</b>                             | Editorial 5   |
| <b>Capa</b>                                    | Apis design integrado   |
| <b>Imagem de capa</b>                          | mvp64/istock  |
| <b>Produtor multimídia</b>                     | Cristian Neil Zaramella   |
| <b>PCP</b>                                     | George Baldim, Paulo Campos   |

Todos os direitos desta publicação reservados à  
Pearson Education do Brasil Ltda.

Av. Santa Marina, 1193 - Água Branca  
São Paulo, SP – CEP 05036-001  
Tel. (11) 3521-3500

[www.pearson.com.br](http://www.pearson.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Um bom material didático voltado ao vestibular deve ser maior que um grupo de conteúdos a ser memorizado pelos alunos. A sociedade atual exige que nossos jovens, além de dominar conteúdos aprendidos ao longo da Educação Básica, conheçam a diversidade de contextos sociais, tecnológicos, ambientais e políticos. Desenvolver as habilidades a fim de obterem autonomia e entenderem criticamente a realidade e os acontecimentos que os cercam são critérios básicos para se ter sucesso no Ensino Superior.

O Enem e os principais vestibulares do país esperam que o aluno, ao final do Ensino Médio, seja capaz de dominar linguagens e seus códigos; construir argumentações consistentes; selecionar, organizar e interpretar dados para enfrentar situações-problema em diferentes áreas do conhecimento; e compreender fenômenos naturais, processos histórico-geográficos e de produção tecnológica.

O Pré-Vestibular do Sistema de Ensino Dom Bosco sempre se destacou no mercado editorial brasileiro como um material didático completo dentro de seu segmento educacional. A nova edição traz novidades, a fim de atender às sugestões apresentadas pelas escolas parceiras que participaram do Construindo Juntos – que é o programa realizado pela área de Educação da Pearson Brasil, para promover a troca de experiências, o compartilhamento de conhecimento e a participação dos parceiros no desenvolvimento dos materiais didáticos de suas marcas.

Assim, o Pré-Vestibular Semiextensivo Dom Bosco by Pearson foi elaborado por uma equipe de excelência, respaldada na qualidade acadêmica dos conhecimentos e na prática de sala de aula, abrangendo as quatro áreas de conhecimento com projeto editorial exclusivo e adequado às recentes mudanças educacionais do país.

O novo material envolve temáticas diversas, por meio do diálogo entre os conteúdos dos diferentes componentes curriculares de uma ou mais áreas do conhecimento, com propostas curriculares que contemplem as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura como eixos integradores entre os conhecimentos de distintas naturezas; o trabalho como princípio educativo; a pesquisa como princípio pedagógico; os direitos humanos como princípio norteador; e a sustentabilidade socioambiental como meta universal.

A coleção contempla todos os conteúdos exigidos no Enem e nos vestibulares de todo o país, organizados e estruturados em módulos, com desenvolvimento teórico associado a exemplos e exercícios resolvidos que facilitam a aprendizagem. Soma-se a isso, uma seleção refinada de questões selecionadas, quadro de respostas e roteiro de aula integrado a cada módulo.

# SUMÁRIO



**5**

QUÍMICA 1



**195**

QUÍMICA 2



**273**

QUÍMICA 3

BET\_NOIRE/ISTOCKPHOTO



# QUÍMICA 1

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

## 1

# OS PRIMEIROS MODELOS ATÔMICOS

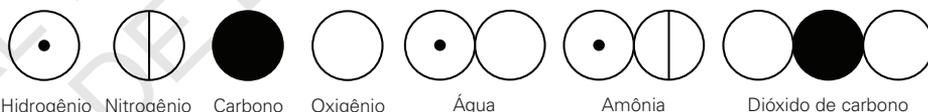
## Evolução atômica - dos filósofos gregos até Thomson

### FILÓSOFOS GREGOS

Há muito tempo, filósofos especulavam sobre a natureza do “material” fundamental do qual o mundo é feito. Demócrito (460-370 a.C.) e Leucipo, antigos filósofos gregos, diziam que o mundo material é composto por minúsculas partículas indivisíveis, imutáveis e infinitas em número, que eles chamavam de **átomos**. Mais tarde, no entanto, Platão e Aristóteles formularam a noção de que, definitivamente, não poderiam existir partículas indivisíveis, e a concepção **atômica** da matéria ficou de lado por muitos séculos, durante os quais a filosofia aristotélica dominou a cultura ocidental.

### Modelo atômico de Dalton

John Dalton desenvolveu diversas pesquisas sobre o comportamento dos gases e enunciou a chamada teoria atômica, retomando os princípios filosóficos de Demócrito e Leucipo. Ele concluiu que os elementos eram constituídos de partículas, chamadas átomos. Todos os átomos de dado elemento são idênticos, tendo em particular o mesmo tamanho, a mesma massa e as mesmas propriedades químicas. Os átomos dos diferentes elementos distinguem-se entre si em, pelo menos, uma propriedade. Cada um deles foi representado por um símbolo.



Representação dos elementos por Dalton.

Para Dalton (1766-1844), toda matéria é constituída por átomos de um mesmo elemento químico ou de diferentes elementos químicos. Em qualquer composto, a razão entre os números de átomos dos dois elementos constituintes é um número inteiro ou, então, uma fração simples. Todas as reações químicas consistem em separação, combinação ou rearranjo de átomos, mas nunca na criação ou destruição deles. Com base nos estudos de Dalton, enunciaram-se as seguintes características, conhecidas como modelo atômico de Dalton:

- a matéria é constituída de átomos, que são partículas esféricas, maciças, indivisíveis e indestrutíveis;
- todos os átomos de um elemento químico são idênticos em massa e propriedades, e os átomos de diferentes elementos químicos são diferentes em massa e propriedades;
- as substâncias são formadas pela combinação de diferentes átomos na razão de números pequenos;
- as reações químicas envolvem somente combinação, separação e rearranjo dos átomos, não havendo, em seu curso, nem a criação nem a destruição de átomos.

- Evolução atômica
- Filósofos gregos
- Modelo atômico de Dalton
- Modelo atômico de Thomson
- Modelo atômico de Rutherford
- Propriedades atômicas
- Partículas fundamentais

### HABILIDADES

- Reconhecer os modelos atômicos e suas representações nos contextos históricos de suas elaborações, assim como a história do desenvolvimento das ideias e das tecnologias empregadas em seu tempo, que levaram à elaboração de cada um dos modelos.
- Estabelecer comparações entre os modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford.

O modelo elaborado por Dalton, com a contribuição de vários cientistas, pode ser representado por **bolas de bilhar** e mostra que átomos diferentes têm tamanhos diferentes.



O modelo de Dalton indicou uma nova direção aos estudos das transformações químicas e dos processos que ocorrem com as unidades estruturais da matéria.

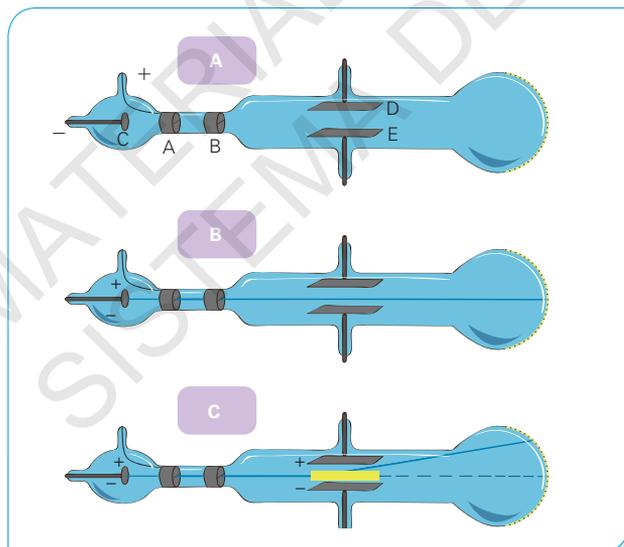
### Modelo atômico de Thomson

O físico britânico Joseph John Thomson (1856-1940), amparado pelas informações de que dispunha na época, como a natureza elétrica da matéria, e após vários experimentos, conseguiu estabelecer uma nova relação entre matéria e eletricidade. Suas observações permitiram afirmar que toda matéria, no estado normal, é formada por partículas elétricas que se neutralizam.

Thomson concluiu que o modelo atômico de Dalton, em que o átomo possivelmente seria uma bola maciça, extremamente pequena, indivisível e indestrutível (a qual associamos a uma bolinha de bilhar), ainda podia ser aplicado para explicar alguns fenômenos químicos, mas exigiria aperfeiçoamentos, como expor claramente a natureza elétrica da matéria.

Em 1897, depois de exaustivas experiências com um tubo de raios catódicos (ampola de Crookes), Thomson concluiu que tais raios catódicos eram constituídos, na verdade, de um fluxo de partículas menores que o átomo e dotadas de carga elétrica negativa, o que, inicialmente, ele chamou de corpúsculos e, depois, denominou **elétrons**. Assim, a primeira partícula subatômica descoberta foi o elétron.

O físico também estudou, em gás neon, partículas de carga positiva.

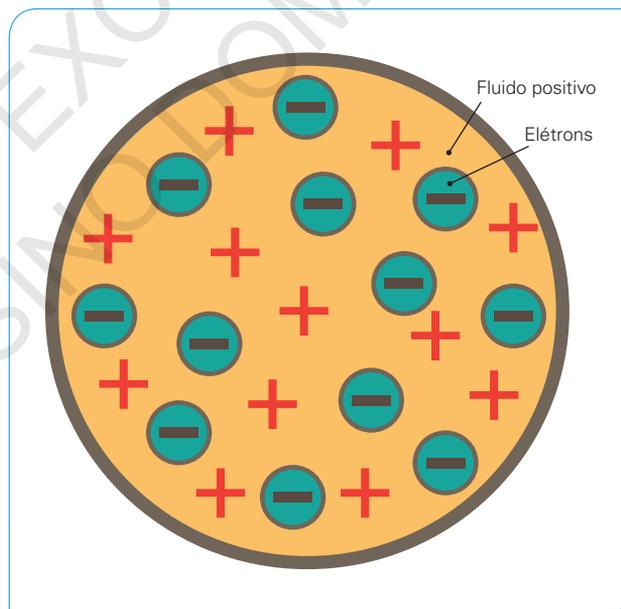


A figura A representa a aparelhagem utilizada por Thomson, que foi divulgada em seu manuscrito, em 1897. Na figura B, é possível observar uma trajetória retilínea dos raios catódicos. Essa trajetória é perturbada pela aproximação de um ímã, como indicado na figura C.

O estudo feito por J. J. Thomson com raios catódicos o levou a algumas conclusões:

- os raios catódicos propagam-se em linha reta, como demonstrado na figura B;
- os raios catódicos são corpusculares;
- os raios catódicos são desviados por um campo elétrico e magnético, o que evidencia que são constituídos de partículas de carga elétrica. Como isso ocorreu em direção à placa positiva, Thomson concluiu que as partículas eram eletricamente negativas, como observado na figura C.

Assim, pela proposta de J. J. Thomson, foi descoberta a existência de subpartículas e consumada a ideia da divisibilidade do átomo. Dessa maneira, ele sugeriu um novo modelo atômico, que ficou apelidado, na época, de **pudim com passas**. Segundo esse modelo, o átomo é constituído por uma esfera maciça de carga elétrica positiva (fluido positivo), contendo, na superfície, os elétrons, com carga elétrica negativa.

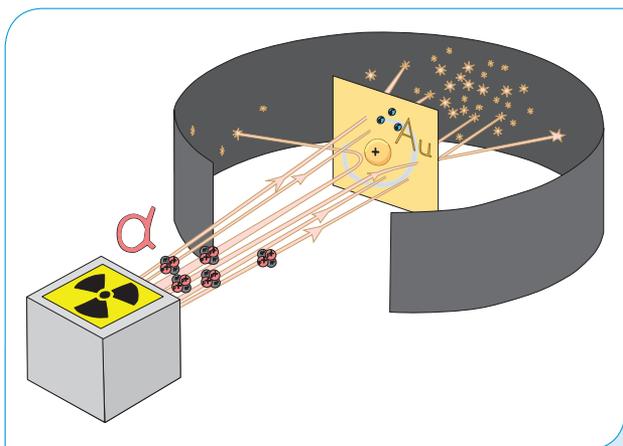


Modelo atômico de Thomson, que ficou conhecido como modelo "pudim com passas". Nele, a esfera tem sua carga elétrica positiva anulada pelas cargas elétricas negativas dos elétrons. Assim, o conjunto é eletricamente neutro.

### Modelo atômico de Rutherford

Com o objetivo de comprovar o modelo de Thomson, Rutherford e sua equipe (o físico inglês Ernest Marsden e o alemão Johannes Hans Wilhelm Geiger) fizeram experiências com espalhamento de partículas alfa ( $\alpha$ ), dotadas de carga positiva, com o intuito de observar se realmente o átomo era maciço. O experimento baseou-se em bombardear uma fina lâmina de ouro com partículas alfa ( $\alpha$ ), emitidas pelo elemento polônio, o qual é radioativo.

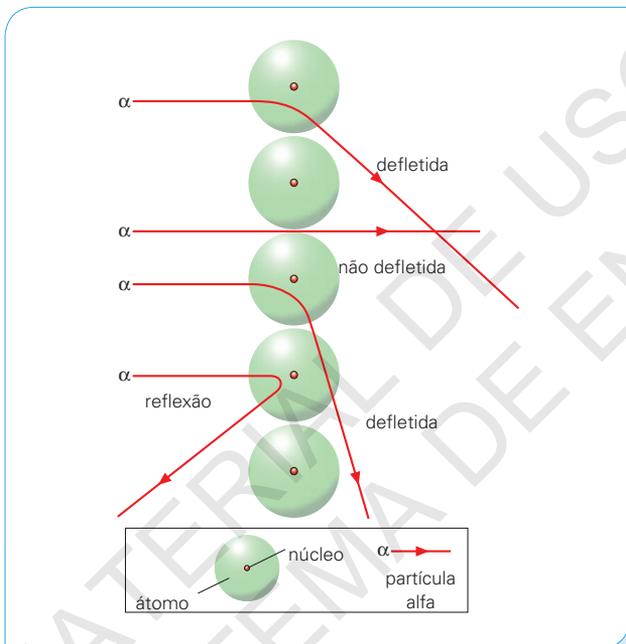
SERGEY MERKULOV/SHUTTERSTOCK



Experimento proposto por Rutherford.

Rutherford pôde, então, fazer as seguintes observações:

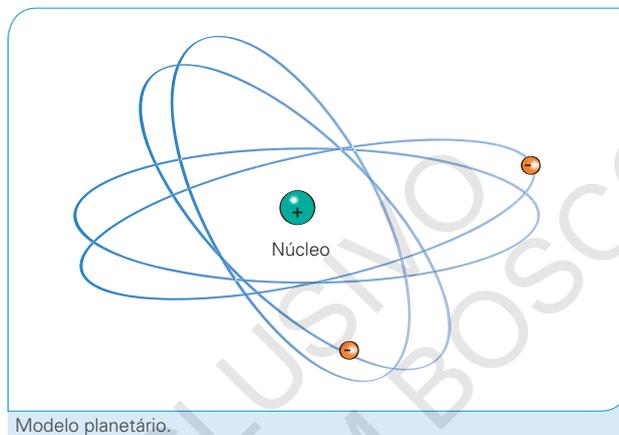
- a maioria das partículas alfa ( $\alpha$ ) atravessava a fina lâmina de ouro sem sofrer desvios;
- uma outra pequena parcela de partículas era refletida (retornava);
- uma pequena parcela das partículas alfa ( $\alpha$ ) sofria desvio em sua trajetória.

Desvio das partículas  $\alpha$  (alfa).

Conclusões tiradas por Rutherford perante as observações experimentais:

- a maior parte do átomo é um vazio, sendo essa região chamada de eletrosfera, ou seja, região onde se encontram os elétrons;
- existe uma pequena região do átomo onde se encontra toda a sua massa, região esta denominada núcleo;
- essa pequena região do átomo deve ser dotada de carga positiva, o que causa a repulsão das partículas ( $\alpha$ ), que são positivas.

Assim, os átomos não seriam maciços, como previa o modelo de Dalton. Por isso, Rutherford propôs, para sua constituição, uma estrutura descontínua da matéria, comparando-a com o **sistema planetário**, em que os elétrons girariam ao redor do núcleo, em órbitas (trajetórias fechadas), como as planetárias.



Modelo planetário.

Dessa forma, o átomo deve ter duas regiões: um **núcleo** denso, muito pequeno, que contém os prótons, e uma região de volume bastante grande, ocupada pelos elétrons, denominada de **eletrosfera**.

A mesma quantidade de cargas elétricas negativas e positivas garantiria a neutralidade do átomo.

Obtendo resultados quantitativos em seu experimento, Rutherford determinou que o núcleo dos átomos de ouro era entre 10 000 a 100 000 vezes menor que o próprio átomo. Com base nisso, ficou estabelecido que o núcleo atômico tem um raio aproximado de  $10^{-14}$  m, enquanto o átomo possui um raio aproximado de  $10^{-10}$  m.

## PROPRIEDADES ATÔMICAS

As propriedades atômicas são características que definem a estrutura de um átomo, sendo dependentes das subpartículas presentes em seu núcleo (prótons e nêutrons) e na eletrosfera (elétrons), denominadas partículas fundamentais.

### Partículas fundamentais

As unidades estruturais básicas de construção da matéria são os átomos. Cada átomo apresenta uma parte central – núcleo (compacto) – onde está praticamente toda a massa atômica, exceto uma pequena fração, que é rodeada por uma nuvem de partículas leves chamadas elétrons.

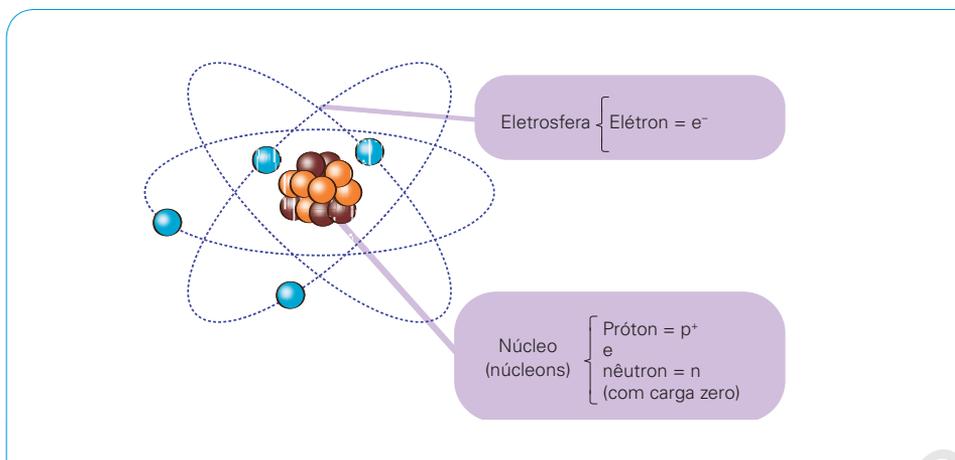
O núcleo de um átomo típico é formado por partículas pesadas denominadas núcleons.

Existem dois tipos de núcleons:

- prótons, todos com carga elétrica positiva;
- nêutrons, todos com carga elétrica nula.

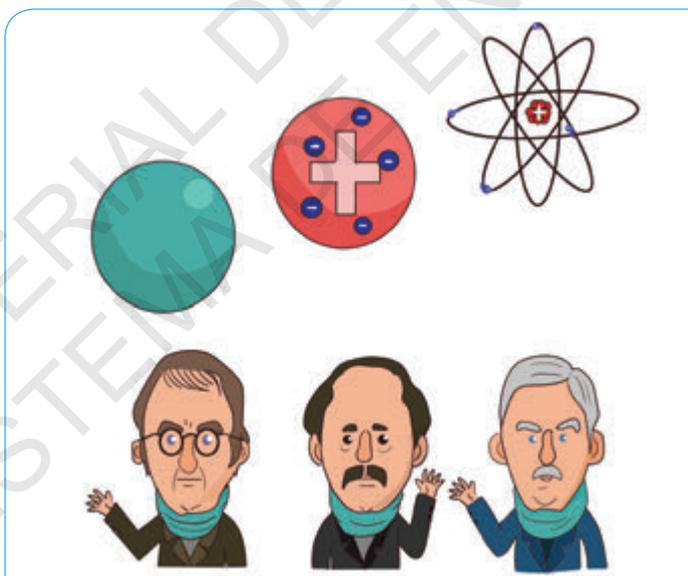
Na eletrosfera (nuvem de partículas), encontram-se os elétrons, partículas de carga elétrica negativa.

Chamamos esses três constituintes de **partículas fundamentais**.



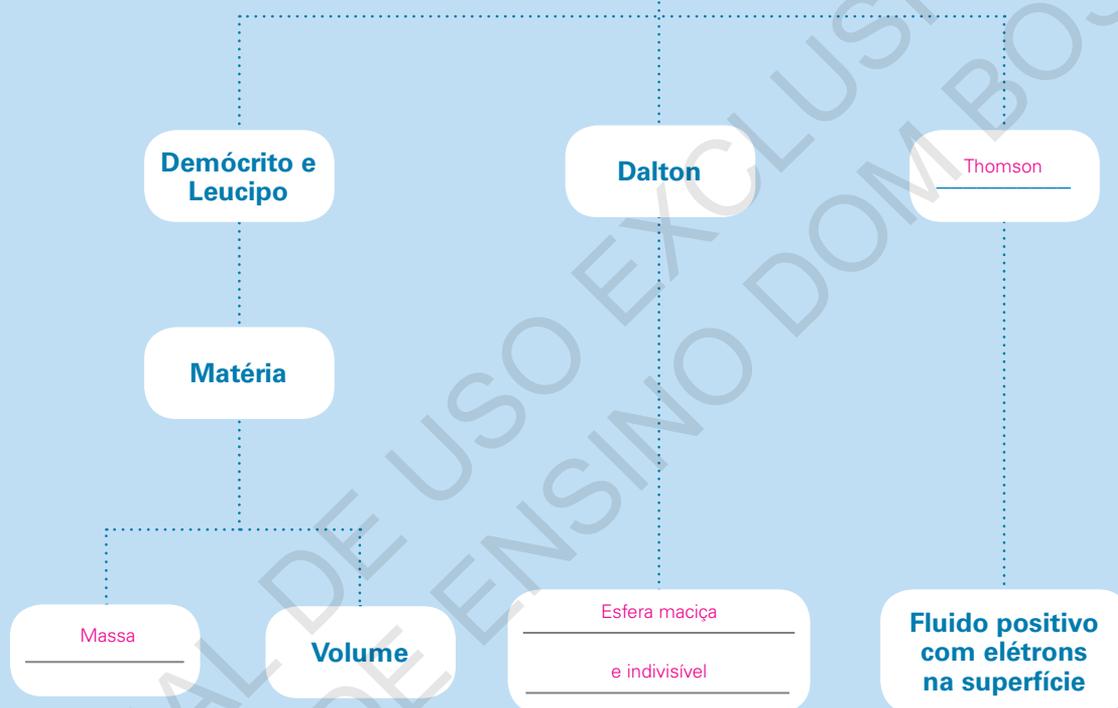
Modelo de Rutherford com as partículas subatômicas.

|                  | Próton                | Nêutron               | Elétron               |
|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Carga relativa   | 1+                    | 0                     | 1-                    |
| Carga (Coulombs) | $+1,6 \cdot 10^{-19}$ | 0                     | $-1,6 \cdot 10^{-19}$ |
| Massa relativa   | 1                     | 1                     | $\frac{1}{1836}$      |
| Massa (g)        | $1,67 \cdot 10^{-24}$ | $1,67 \cdot 10^{-24}$ | $9,11 \cdot 10^{-28}$ |



# ROTEIRO DE AULA

## Modelos atômicos: filósofos gregos, Dalton e Thomson



# ROTEIRO DE AULA

## Modelo atômico de Rutherford e partículas fundamentais

Modernos

Rutherford

Espalhamento de  
partículas alfa

Núcleo pequeno e denso e eletrosfera volumosa e pouco densa

Partículas fundamentais

Eletrosfera

Núcleo

Elétrons

Prótons

Nêutrons

Carga negativa

Carga positiva

Sem carga

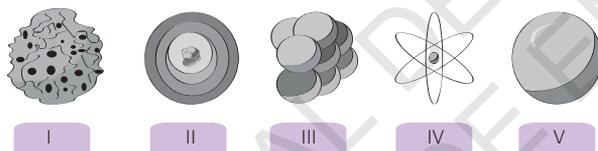
## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

**1. Unicid-SP** – Ao tratar da evolução das ideias sobre a natureza dos átomos, um professor apresentou as seguintes informações e figuras:

### Desenvolvimento histórico das principais ideias sobre a estrutura atômica

|          |             |   |
|----------|-------------|---|
| 400 a.C. | Demócrito   | A matéria é indivisível e feita de átomos.  |
| 350 a.C. | Aristóteles | A matéria é constituída por quatro elementos: água, ar, terra, fogo.  |
| 1800     | Dalton      | Todo e qualquer tipo de matéria é formado por partículas indivisíveis, chamadas átomos.   |
| 1900     | Thomson     | Os átomos dos elementos consistem em um número de corpúsculos eletricamente negativos, englobados em uma esfera uniformemente positiva.   |
| 1910     | Rutherford  | O átomo é composto por um núcleo de carga elétrica positiva, equilibrado por elétrons (partículas negativas), que giram ao redor do núcleo, numa região denominada eletrosfera. |

Modelos atômicos



Complete o quadro a seguir indicando o número do modelo que mais se aproxima das ideias de Dalton, Thomson e Rutherford.

| Dalton                      | Thomson   | Rutherford   |
|-----------------------------|---|--|
| V                           | I   | IV   |
| Modelo maciço e indivisível | Modelo de pudim com passas, descoberta do elétron | Modelo planetário, experimento com partículas alfa, átomo nucleado e com eletrosfera |
|                             |   |  |
|                             |   |  |
|                             |   |  |
|                             |   |  |
|                             |   |  |

**2. UEFS-BA** – Os modelos atômicos foram sendo modificados ao longo do tempo, com base em evidências experimentais, a exemplo dos modelos de Thomson, proposto com base em experimentos com tubo de raios catódicos, e de Rutherford, que, ao fazer incidir partículas alfa sobre lâminas de ouro, observou que a maioria das partículas atravessava a lâmina, algumas desviavam e poucas eram refletidas.

Com base nas considerações do texto, é correto destacar:

- As partículas subatômicas de cargas elétricas opostas estão localizadas no núcleo do átomo, segundo Thomson.
- O modelo de Thomson considera que o átomo é constituído por elétrons que ocupam diferentes níveis de energia.
- O núcleo do átomo é denso e positivo com um tamanho muito menor do que o do seu raio atômico, de acordo com Rutherford.
- As experiências com raios catódicos evidenciaram a presença de partículas de carga elétrica positiva nos átomos dos gases analisados.
- O experimento conduzido por Rutherford permitiu concluir que as partículas positivas e negativas constituintes dos átomos têm massas iguais.

Para Rutherford, o átomo possui um núcleo denso e positivo com um tamanho muito menor do que o do seu raio atômico.

### 3. UCBA

C7-H25

Uma semelhança entre os modelos atômicos de Dalton e de Thomson está no fato de ambos considerarem que o átomo

- é maciço.
- é constituído por prótons, nêutrons e elétrons.
- apresenta elétrons em camadas.
- é semelhante ao Sistema Solar.
- possui núcleo e eletrosfera.

O átomo de Dalton é uma esfera maciça e sem cargas elétricas. O de Thomson também é maciço, mas com as cargas elétricas positivas, contendo na superfície os elétrons, como um pudim de passas.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

**4. UEPA** – Durante uma aula, para explicar a estrutura do átomo, um professor fez as seguintes afirmações.

- Átomos não podem ser divididos.
- Átomos são esferas rígidas.
- Átomos iguais possuem massas e tamanhos iguais.
- Átomos diferentes possuem massas e tamanhos diferentes.

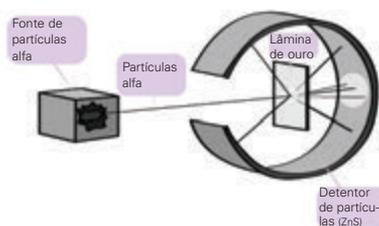
Esse professor, ao fazer essas afirmações, referia-se ao modelo atômico proposto pelo cientista

- Dalton.
- Rutherford.
- Thomson.
- Böhr.
- Moseley.

O modelo atômico de Dalton encerra a ideia de que todas as substâncias são constituídas de pequenas partículas esféricas indivisíveis, chamadas átomos.

Os átomos dos diferentes elementos têm diferentes propriedades, mas todos os átomos do mesmo elemento são exatamente iguais.

**5. Unifor-CE** – O modelo atômico de Rutherford foi fundamentado nas observações do experimento em que uma fina lâmina de ouro (0,0001 mm de espessura) foi bombardeada com partículas alfa, emitidas pelo polônio (Po), contido no interior de um bloco de chumbo (Pb), provido de uma abertura estreita, para dar passagem às partículas por ele emitidas. Envolvendo a lâmina de ouro (Au), foi colocada uma tela protetora revestida de sulfeto de zinco, conforme figura a seguir.



Observando as cintilações na tela revestida de sulfeto de zinco, Rutherford verificou que muitas partículas atravessavam a lâmina de ouro sem sofrer desvio e que poucas partículas sofriam desvio.

De acordo com o experimento de Rutherford, está correto o que se afirma em:

- a)** As partículas  $\alpha$  sofrem desvio ao colidir com os núcleos dos átomos de Au.  
**b)** As partículas  $\alpha$  possuem carga elétrica negativa.

- c)** Partículas  $\alpha$  sofrem desvio ao colidir com elétrons dos átomos de Au.  
**d)** Na ilustração, não foram indicadas as partículas  $\alpha$  que não atravessaram a lâmina de Au.  
**e)** O átomo é cerca de 1 000 a 10 000 vezes maior que o seu núcleo.

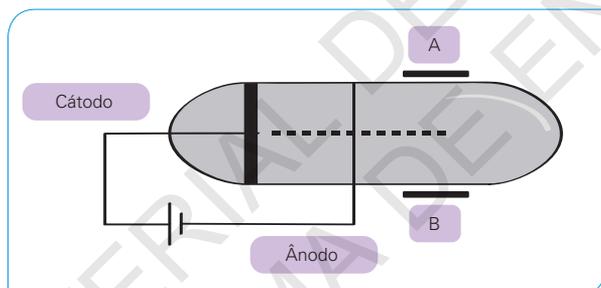
A maioria das partículas  $\alpha$  arremessadas contra a lâmina de ouro passou por ela diretamente, sem sofrer desvios aparentes. Algumas delas sofreram grandes desvios em sua trajetória ao colidir com o núcleo maciço e positivo. As partículas alfa têm carga elétrica positiva (cargas elétricas se repelem). O átomo é cerca de 10 000 a 100 000 vezes maior que o seu núcleo.

**6. Fuvest-SP (adaptado)** – Thomson determinou, pela primeira vez, a relação entre a massa e a carga do elétron, o que pode ser considerado como a descoberta do elétron. Qual é a contribuição do modelo atômico de Thomson?

A contribuição é a existência de partículas subatômicas dotadas de carga negativa e com massa.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. UFG-GO (adaptado)** – O esquema a seguir representa, de modo simplificado, o experimento de J. J. Thomson. Um feixe de partículas sai do cátodo, passa através de um orifício no ânodo e sofre a influência das placas metálicas A e B.



De acordo com esse esquema, quando o feixe se aproxima de A?

---



---



---



---



---

**8. UFU-MG** – Em 1909, Rutherford e colaboradores reportaram, como resultados de experimentos em que o fluxo de partículas  $\alpha$  foi direcionado para uma folha de

ouro metálico muito fina, o fato de a grande maioria das partículas  $\alpha$  passar pela folha sem mudança de direção e uma pequena quantidade sofrer desvios muito grandes.

Responda às questões a seguir.

- a)** O que é uma partícula  $\alpha$ ?  
**b)** Por que a maioria das partículas  $\alpha$  passou direto pela folha metálica?  
**c)** Por que uma pequena quantidade de partículas  $\alpha$  sofreu desvios muito grandes?

---



---



---

**9. UFRR** – O átomo é a menor partícula que ainda caracteriza um elemento químico. Na Grécia Antiga, Demócrito (cerca de 460 a.C.-370 a.C.) propôs que tudo o que existe na natureza é composto por elementos indivisíveis, chamados átomos (do grego, *a*, negação e *tomo*, divisível); átomo = indivisível. John Dalton, em 1808, criou um modelo que retomava o antigo conceito dos gregos, segundo o qual era considerado a menor porção em que se poderia dividir a matéria. Esse modelo perdurou até fins do século XIX. Com relação à teoria atômica, é correto afirmar:

- a)** O modelo atômico de Thomson era conhecido como “pudim de passas”, já que propunha que cargas positivas estavam mergulhadas numa enorme massa carregada negativamente.  
**b)** Na teoria atômica de Dalton, todos os átomos de um mesmo elemento químico são idênticos em massa e propriedades, mas os átomos de elementos químicos

diferentes são diferentes em massa e propriedades.

- c) Dalton previa que os átomos podiam se transformar uns nos outros pelo processo de transmutação atômica.
- d) Thomson propôs que as partículas positivas circulavam em torno de um núcleo, algo semelhante ao Sistema Solar, onde os planetas giram em torno do Sol.
- e) Conforme Thomson, o núcleo atômico é responsável pelo volume do átomo.

**10. FFCMPA-RS** – De acordo com a teoria atômica de Dalton (1766-1844), assinale a alternativa correta.

- a) O átomo possui partículas de carga negativa que estão em órbita de um núcleo de carga positiva.
- b) No núcleo atômico, existem partículas de carga nula, denominadas nêutrons.
- c) Átomos de elementos diferentes possuem diferentes massas e propriedades.
- d) O átomo é uma esfera sólida que possui partículas de carga negativa em sua superfície, semelhante a um “pudim de passas”.
- e) Dois elétrons de mesmo *spin* não podem ser encontrados dentro de um mesmo orbital.

**11. UCB-DF** – Rutherford, ao fazer incidir partículas radioativas em lâmina metálica de ouro, observou que a maioria das partículas atravessava a lâmina, algumas desviavam e poucas refletiam. Assinale, dentre as afirmações a seguir, aquela que **não** reflete as conclusões de Rutherford sobre o átomo.

- a) Os átomos são esferas maciças e indestrutíveis.
- b) No átomo, há grandes espaços vazios.
- c) No centro do átomo, existe um núcleo pequeno e denso.
- d) O núcleo do átomo tem carga positiva.
- e) Os elétrons giram ao redor do núcleo para equilibrar a carga positiva.

**12. FAMEVAÇO-MG** – Relacione os autores das teorias atômicas da COLUNA I com suas respectivas descrições apresentadas na COLUNA II.

COLUNA I

1. Rutherford
2. Dalton
3. Thomson

COLUNA II

- ( ) Os átomos de um mesmo elemento químico são iguais em todas as suas propriedades, e átomos de elementos químicos diferentes tem propriedades químicas e físicas diferentes.
- ( ) Os átomos têm pequena região central dotada de carga positiva, rodeado por uma região denominada eletrosfera, em que estão localizados os elétrons.
- ( ) Os átomos são esferas maciças de carga elétrica positivas, tendo, em sua superfície, elétrons incrustados.

Assinale a sequência correta.

- a) 1, 2, 3    b) 2, 1, 3    c) 3, 2, 1    d) 2, 3, 1

**13. UEPB** – A Organização das Nações Unidas (ONU) instituiu 2011 como o Ano Internacional da Química, para cons-

cientizar o público sobre as contribuições dessa ciência ao bem-estar da humanidade, coincidindo com o centenário do recebimento do Prêmio Nobel de Química por Marie Curie. O prêmio recebido pela pesquisadora polaca teve como finalidade homenageá-la pela descoberta dos elementos químicos polônio (Po) e rádio (Ra). Na verdade, este foi o segundo Prêmio Nobel recebido, sendo o primeiro em Física, em 1903, pelas descobertas no campo da radioatividade. Marie Curie, assim, tornou-se a primeira pessoa a receber dois prêmios Nobel. Como outra homenagem, desta vez *post mortem*, os restos mortais de Marie Curie foram transladados em 1995 para o Panteão de Paris, local onde estão as maiores personalidades da França, em todos os tempos. Além disso, o elemento de número atômico 96 recebeu o nome Cúrio (Cm) em homenagem ao casal Curie, Marie e seu marido Pierre. O modelo atômico de Thomson sugere que o átomo (do grego, “indivisível”) é uma esfera de carga elétrica positiva, não maciça, incrustada de elétrons, de tal sorte que a carga elétrica líquida é nula, apontando o átomo não mais como a menor partícula de matéria. Para corroborar as ideias de Thomson, um aluno seu, Ernest Rutherford, propôs um experimento que conseguiria provar a veracidade das conclusões de seu orientador. A atividade baseava-se em passar a radiação proveniente de polônio radioativo por um conjunto de lâminas de chumbo com um orifício central e atingir uma lâmina de ouro extremamente fina, anterior a um anteparo móvel recoberto com sulfeto de zinco. Entretanto, seus resultados não foram os esperados por Rutherford. Qual das alternativas a seguir apresenta uma observação que **não** pode ser concluída com base nos resultados do experimento?

- a) O átomo contém imensos espaços vazios.
- b) A maioria das partículas alfa, provenientes da amostra de polônio, atravessou a placa de ouro sem sofrer desvio considerável em sua trajetória.
- c) O núcleo do átomo tem carga positiva.
- d) No centro do átomo, existe um núcleo muito pequeno e denso.
- e) O átomo é composto de um núcleo e de elétrons em seu redor, que giram em órbitas elípticas.

**14. Unimontes-SP** – A busca da simplicidade dentro da complexidade da natureza levou John Dalton a propor o seu modelo de átomo, tendo como base as razões das massas dos elementos que se combinaram para formar compostos.

A hipótese atômica que contraria o modelo proposto por Dalton é:

- a) Uma reação química resulta em novos átomos.
- b) Os átomos de um mesmo elemento são idênticos em massa.
- c) Átomos diferentes apresentam massas diferentes.
- d) Um composto resulta da combinação de átomos.
- e) Átomos são indivisíveis.

**15. UPE (adaptado)** – Muitas informações veiculadas na internet contêm erros científicos. Um exemplo disso pode ser verificado em determinado conteúdo de um blog sobre o ensino de química, transcrito a seguir.

#### Modelos atômicos

Os modelos atômicos são diferentes ideias, que surgiram durante o desenvolvimento da história da ciência, na tentativa de explicar a composição íntima da matéria. O primeiro modelo atômico da era moderna foi proposto por John Dalton, que considerava os átomos como esferas maciças e indivisíveis. A descoberta

dos elétrons, partículas subatômicas de carga elétrica positiva, fez os cientistas provarem que o átomo era divisível, abrindo espaço para uma nova ideia, um modelo que ficou conhecido como "pudim de passas", atribuído a Rutherford.

Quantos erros científicos são encontrados no texto?

---



---



---



---



---

**16. Ufla-MG (adaptado)** – O elétron foi descoberto por Thomson no fim do século XIX, o que lhe rendeu o Prêmio Nobel. Descreva as características do modelo atômico proposto por ele.

---



---



---



---



---



---



---



---

**17. UFRGS-RS (adaptado)** – O conhecimento sobre a estrutura atômica evoluiu à medida que determinados fatos experimentais foram observados, gerando a necessidade de proposição de modelos atômicos com características que explicassem esses fatos.

#### Características do modelo atômico

1. Os átomos são maciços e indestrutíveis.
2. Investiga-se a natureza elétrica da matéria.
3. Elementos iguais têm massas, tamanhos e propriedades químicas iguais.
4. O átomo é divisível.

Sobre o modelo atômico de Dalton, as características corretas são

- |                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| a) 1, 2 e 4, apenas. | d) 1 e 3, apenas. |
| b) 2, 3 e 4, apenas. | e) 1, 2, 3 e 4.   |
| c) 1, 3 e 4, apenas. |                   |

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. Sistema Dom Bosco

C7-H25

O experimento do espalhamento de partículas alfa, conhecido como experimento de Rutherford, consiste no bombardeamento de finas lâminas de ouro por radiação emitida por um alfaemissor. Nesse experimento, ele observou que a maioria das radiações emitidas atravessava a fina lâmina de ouro sem desviar a trajetória, algumas desviavam a trajetória, e uma quantidade muito baixa sofria reflexão. A partir dessas observações, propôs um modelo atômico para explicar os resultados obtidos no experimento. No modelo idealizado por Rutherford, o átomo

- a) é constituído por duas regiões distintas: o núcleo, com prótons e nêutrons, e a eletrosfera, com elétrons.
- b) apresenta os elétrons ao redor do núcleo, em trajetórias circulares, com valores determinados de energia.
- c) é formado por um núcleo muito denso e pequeno em relação ao seu tamanho total.
- d) possui elétrons incrustados na superfície de uma esfera de carga positiva.
- e) é uma partícula maciça, indivisível, imperecível, indestrutível e imutável.

### 19. UFT-TO

C7-H3

De posse do conhecimento das teorias atômicas, desenvolvidas por Dalton, Thomson e Rutherford, marque a alternativa **incorreta**.

- a) De acordo com Dalton, os átomos são as menores partículas de um elemento e são os componentes básicos da matéria.
- b) Segundo Dalton, ao participarem de reações químicas, os átomos combinam-se para formar novas substâncias.

c) Thomson, ao descobrir os elétrons, propôs que estas partículas negativas estariam dispersas no átomo positivo, como passas em um pudim.

d) Rutherford descobriu que os átomos continham partículas positivas, o que derrubou a teoria de Thomson sobre a estrutura atômica.

e) Rutherford propôs uma estrutura planetária para o átomo, com a carga positiva no núcleo e as cargas negativas orbitando ao seu redor.

### 20. UNESP

C5-H3

A lei da conservação da massa, enunciada por Lavoisier em 1774, é uma das leis mais importantes das transformações químicas. Ela estabelece que, durante uma transformação química, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos. Essa teoria pôde ser explicada, alguns anos mais tarde, pelo modelo atômico de Dalton. Entre as ideias de Dalton, a que oferece a explicação mais apropriada para a lei da conservação da massa, de Lavoisier, é a de que:

- a) os átomos não são criados, destruídos ou convertidos em outros átomos durante uma transformação química.
- b) os átomos são constituídos por três partículas fundamentais: prótons, nêutrons e elétrons.
- c) todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos em todos os aspectos de caracterização.
- d) um elétron, em um átomo, pode ter somente certas quantidades específicas de energia.
- e) toda matéria é composta por átomos.

## 2

# RELAÇÕES ATÔMICAS E MODELO ATÔMICO DE BÖHR

Os átomos foram criados após o Big Bang (Grande Explosão) há 13,7 bilhões de anos. São as unidades básicas da matéria e a estrutura dos elementos químicos.

## Elemento químico

Com o conhecimento da existência dos prótons e nêutrons, na primeira metade do século XX, houve um impasse no estudo dos átomos. Segundo o que se conhecia, átomos de mesmo elemento químico deveriam ter massas iguais. No entanto, verificou-se, com experiências, que os átomos tinham mesma carga nuclear, porém massas diferentes. O aprofundamento do estudo dos átomos possibilitou constatar a característica que melhor define as propriedades de um elemento químico: o número de prótons no núcleo. Concluiu-se, então, que os átomos de um elemento químico apresentam o mesmo número de prótons no núcleo. Elemento químico é o conjunto de átomos com o mesmo número de prótons.

## SÍMBOLO DOS ELEMENTOS

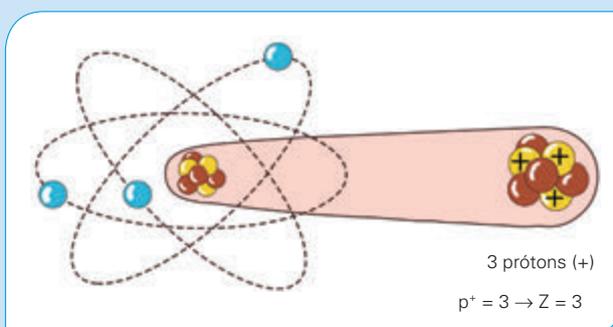
A nomenclatura dos elementos químicos é a mesma no mundo todo, o que é fundamental para o desenvolvimento da ciência.

Criadas em 1814, por Berzelius (1779-1848), e, mais tarde, adotadas pela União Internacional de química Pura e Aplicada (IUPAC), as regras de nomenclatura dos elementos químicos são sistematizações respeitadas internacionalmente. A representação dos elementos químicos é feita com letras (a primeira é maiúscula e a segunda, caso exista, minúscula).

## NÚMERO ATÔMICO (Z)

No ano de 1913, o jovem físico inglês H. G. J. Moseley (1887-1915), que trabalhava com Ernest Rutherford, realizando estudos com raios X, relacionou as propriedades dos átomos com o número de prótons que eles possuíam. Em seus estudos, esse número correspondia a uma variável matemática que era denominada **Z**. Desde então, o número de prótons passou a significar **número atômico** e é representado pela letra **Z**. Número atômico é, portanto, o número que identifica o átomo, caracterizando-o como um elemento específico, além de determinar suas propriedades químicas. A representação do número atômico dos átomos é:

$$Z = p^+ \text{ (n}^\circ \text{ de prótons)}$$



Identidade do átomo – número de prótons

- Estrutura atômica e relações atômicas
- Elemento químico
- Íons
- Modelo atômico de Böhr

### HABILIDADES

- Reconhecer as representações do átomo.
- Identificar características das partículas que compõem o átomo, destacando que a identidade do elemento químico é definida pelo número atômico.
- Reconhecer o número atômico como o número de prótons, o qual caracteriza o elemento químico, e o número de massa como o número de prótons e nêutrons.
- Reconhecer os modelos atômicos e as suas representações nos contextos históricos de suas elaborações, assim como a história do desenvolvimento das ideias e das tecnologias empregadas em seu tempo, que levaram à elaboração de cada um dos modelos.
- Interpretar as ideias de Rutherford e de Böhr para entender a estrutura da matéria e sua relação com as propriedades da matéria.
- Estabelecer comparações entre os modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford-Böhr

Pela convenção atual, o número atômico é colocado na parte inferior esquerda do símbolo.

### Exemplos

O átomo de carbono tem número atômico 6, logo possui 6 prótons em seu núcleo ( $Z = 6$ )  $\rightarrow {}_6\text{C}$ .

O átomo de ferro tem número atômico 26, logo possui 26 prótons em seu núcleo ( $Z = 26$ )  $\rightarrow {}_{26}\text{Fe}$ .

## NÚMERO DE MASSA (A)

O número de massa é a quantidade de partículas existentes no núcleo, ou seja, a soma do número de prótons ( $Z$ ) e do número de nêutrons ( $n$ ). Seu valor é praticamente o mesmo da massa total do átomo, uma vez que a massa dos elétrons é considerada desprezível. O número de massa pode ser expresso matematicamente da seguinte maneira:

$$A = Z + n \quad \text{ou} \quad A = p^+ + n$$

O número de massa ( $A$ ) sempre é um número positivo, inteiro e adimensional, ou seja, sem unidades.

A representação do número de massa dos átomos é  ${}^A\text{E}$  ou, eventualmente,  $\text{E}^A$ .

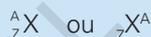
### Exemplo

Um átomo neutro ( $\text{K}$ ) tem 19 prótons ( $Z = 19$ ) e 21 nêutrons ( $n = 21$ ), logo  $A = Z + n = 19 + 21 = 40$ .

Portanto, ao representar um átomo, a convenção atual é escrever o número atômico na parte inferior esquerda do símbolo e o número de massa na parte superior esquerda dele:  ${}^{40}_{19}\text{K}$  ou  ${}_{19}\text{K}^{40}$ .

## REPRESENTAÇÃO GERAL

Com o número atômico e o número de massa dos elementos químicos, é possível representá-los da seguinte forma geral:



Exemplos de representação do número atômico ( $Z$ ) e do número de massa ( $A$ ) em elementos químicos:

Átomo de sódio com 11 prótons e 12 nêutrons:

$$Z = 11, n = 12$$

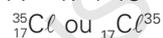
$$A = 11 + 12 = 23$$



Átomo de cloro com 17 prótons e 18 nêutrons:

$$Z = 17, n = 18$$

$$A = 17 + 18 = 35$$



## Relações atômicas

As relações atômicas são as características atômicas equivalentes. Destaca-se a propriedade que coincide (com a qual há correspondência).

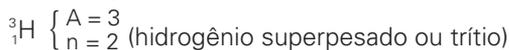
## ISÓTOPOS

As propriedades químicas de certos átomos são as mesmas, porém eles apresentam propriedades físicas

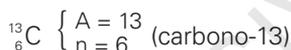
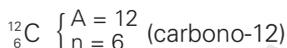
diferentes. Sendo assim, átomos de um mesmo elemento químico (mesmo número atômico  $\rightarrow Z$ ) que têm números de massas diferentes (diferem no número de nêutrons) são considerados **isótopos**.

### Exemplos

Isótopos do hidrogênio ( $\text{H}$ ):



Isótopos do carbono ( $\text{C}$ ):

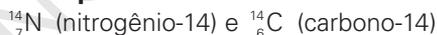


Os isótopos também podem ser denominados átomos isoprotônicos (que possuem o mesmo número de prótons).

## ISÓBAROS

Átomos que apresentam o mesmo número de massa ( $A$ ) e números atômicos diferentes são considerados **isóbaros**. São átomos de elementos químicos diversos, portanto têm propriedades químicas diferentes.

### Exemplo



## ISÓTONOS

Átomos **isótonos** são aqueles que apresentam o mesmo número de nêutrons ( $n$ ) e diferentes números atômicos. Como os átomos são de elementos químicos diversos, eles possuem propriedades químicas diferentes.

### Exemplos

| ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ | ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ |
|-------------------------|-------------------------|
| $n = A - Z$             | $n = A - Z$             |
| $n = 40 - 20$           | $n = 37 - 17$           |
| $n = 20$                | $n = 20$                |

## Íons

Íons são átomos ou grupos de átomos carregados eletricamente. O átomo é um sistema eletricamente neutro, pois o número de prótons ( $Z$ ) é igual ao de elétrons. No entanto, quando o número de elétrons de um átomo não for igual ao seu número de prótons, ele terá uma carga residual. Um átomo pode perder elétrons, transformando-se em íon positivo (cátion), ou ganhá-los, tornando-se um íon negativo (ânion).

Átomo neutro  $\rightarrow p^+ = e^-$

Íon  $p^+ \neq e^-$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{cátion (+)} \rightarrow p^+ > e^- \rightarrow \text{perdeu } e^- \\ \text{ânion (-)} \rightarrow p^+ < e^- \rightarrow \text{ganhou } e^- \end{array} \right.$

A representação de íons é feita da seguinte maneira:



A carga deve ser demonstrada pelo seu valor numérico, quando superior a 1, sempre seguido do seu sinal (positivo ou negativo). Cuidado para não colocar o sinal antes do número.

### Exemplos



Assim, pode-se atribuir mais uma relação atômica por meio do conhecimento da existência dos íons. Observe, a seguir, essa relação.

### Isoeletrônicos

Átomos ou íons isoeletrônicos são espécies químicas que apresentam o mesmo número de elétrons e diferentes números atômicos. Pode haver essa correspondência entre átomo e íon e entre íon e íon.

### Exemplos

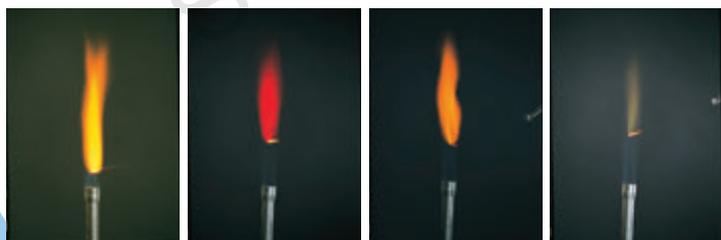
| ${}_{20}\text{Ca}^{2+}$  | ${}_{17}\text{Cl}^-$     |
|--------------------------|--------------------------|
| $Z + e^- = \text{carga}$ | $Z + e^- = \text{carga}$ |
| $20 = e^- + 2$           | $17 = e^- - 1$           |
| $e^- = 20 - 2$           | $e^- = 17 + 1$           |
| $e^- = 18$               | $e^- = 18$               |

## Modelo Atômico de Böhrr

Os fogos de artifício são produzidos, basicamente, pelo acréscimo de um agente colorante e de um agente explosivo (pólvora) a um artefato.

A essência que dá cor aos fogos de artifício é, geralmente, formada por sais contidos em alguns metais; ocorre a excitação de diferentes átomos, o que permite a emissão de luz em frequências diferentes. Esse processo é conhecido pelos chineses há séculos.

| Elemento químico  | Na      | Li              | Ca              | Ba              |
|---|---------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Cores emitidas pelos átomos de alguns elementos no teste da chama | Amarelo | Vermelho-carmim | Vermelho-tijolo | Verde-amarelado |



As diferentes colorações das chamas dependem da substância aquecida.

## Modelo atômico de Böhrr (Rutherford-Böhrr)

A descoberta do átomo nuclear feita por Rutherford sugeriu que um átomo poderia ser pensado como um "um sistema planetário microscópico", no qual os elétrons orbitariam o núcleo. O giro em órbita (trajetória do elétron) faria com que a força centrífuga contrabalanceasse as forças eletrostática (atração) e gravitacional (energia translacional) do núcleo. Até aí, as explicações pareciam se encaixar na **teoria eletromagnética clássica**. Vamos explicar: de acordo com a teoria clássica do eletromagnetismo, um elétron em órbita, ou seja, em movimento, deveria emitir radiação, cuja frequência mudaria quando o elétron perdesse energia. Com isso, eventualmente, o elétron perderia energia e percorreria um caminho em espiral até colidir com o núcleo do átomo.

Essa questão foi resolvida por Niels Böhrr, entre 1913 e 1915, pela proposta de um novo modelo atômico. Böhrr considerou a ideia de Rutherford sobre a existência de um núcleo atômico, porém limitou-se a estudar o movimento dos elétrons em torno do núcleo. Ele propôs um *upgrade* do modelo atômico de seu antecessor. Para tanto, fundamentou-se em estudos feitos sobre o **espectro luminoso do átomo de hidrogênio** e na teoria da energia quântica – proposta em 1900, por Planck, a qual defende que a energia não é emitida em forma contínua, mas em "feixes" ou "pacotes", denominados *quantum* de energia.

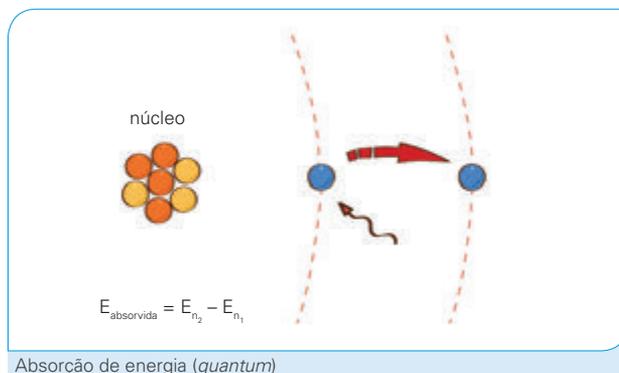
Para dar continuidade e sustentação a seus estudos, Böhrr criou os seguintes postulados.

**01)** Os elétrons sempre percorrem órbitas circulares ao redor do núcleo atômico, chamadas camadas ou níveis de energia.

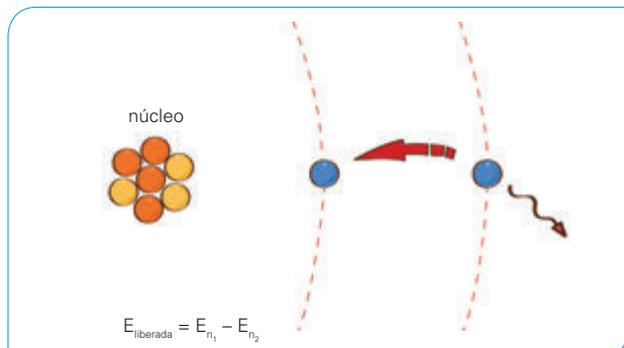
**02)** Cada um desses níveis possui um valor determinado de energia (estado estacionário). Quanto mais afastado do núcleo estiver a camada (nível de energia), maior será sua energia.

**03)** Os elétrons só podem ocupar os níveis que tenham determinada quantidade de energia.

**04)** Os elétrons podem saltar de um nível de menor energia ( $E_{n_1}$ ) para um de maior energia ( $E_{n_2}$ ), desde que absorvam uma quantidade bem definida de energia (*quantum* de energia), na forma de luz, calor ou eletricidade. Quando isso acontece, dizemos que o elétron foi **excitado**.



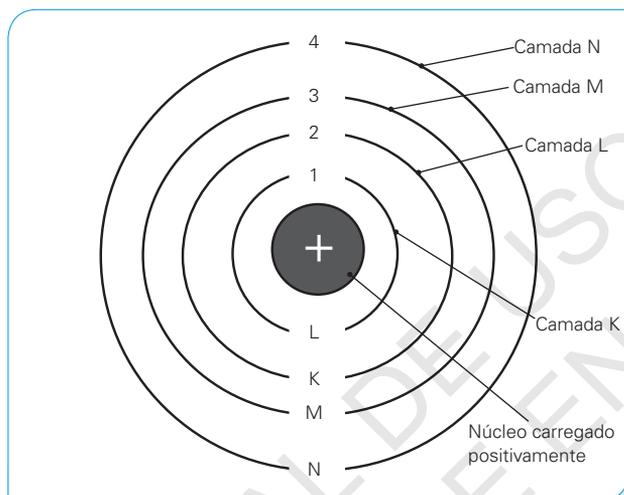
**05)** Ao voltar ao nível mais interno, o elétron emite um *quantum* de energia na forma de radiação eletromagnética (fóton).



Liberção de energia sob a forma de luz (fóton)

**06)** Cada órbita é denominada de estado estacionário e pode ser designada pelas letras K, L, M, N, O, P e Q.

**07)** Os níveis de energia de um átomo ( $n$ ) podem ser representados pelos números inteiros 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.



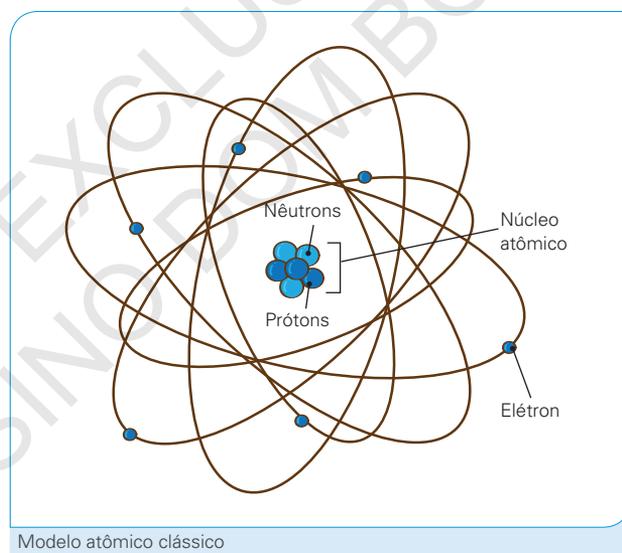
Níveis ou camadas de energia

Böhr apresentou seu modelo por meio de postulados porque não tinha uma explicação para a estabilidade do átomo.

Descobertas por Goldstein, as partículas positivas do núcleo foram chamadas de **prótons**.

Em 1932, Chadwick conseguiu isolar o **nêutron**, outra partícula existente no núcleo, e constatou (como previra Rutherford) que era do mesmo tamanho do próton, porém de carga nula.

Sendo assim, o modelo atômico clássico é constituído de um núcleo – que representa a quase totalidade da massa do átomo – onde ficam localizados os prótons e os nêutrons – e de uma eletrosfera – onde estão os elétrons, girando em torno do núcleo.



Modelo atômico clássico

Os prótons, os nêutrons e os elétrons são **partículas elementares**, ou **fundamentais**, de um átomo.

# ROTEIRO DE AULA

## Elemento químico

Símbolo  
 ${}_Z X^A$

Número atômico  
(Z)

Número de massa  
(A)

Íons

$Z = p = e^-$   
(átomo neutro)

$Z = p$   
(qualquer átomo)

$A = Z + n$

Relações atômicas

Cátions

Ânions

Perdem elétrons.

Ganham elétrons.

Adquirem carga positiva.

Adquirem carga negativa.

Isótopos

Isóbaros

Isótonos

Isoeletrônicos

Mesmo número de prótons

Mesmo número de massa

Mesmo número de nêutrons

Mesmo número de elétrons

$n^\circ$  de prótons  $>$   $n^\circ$  de elétrons

$n^\circ$  de elétrons  $>$   $n^\circ$  de prótons

Mesmo elemento químico

# ROTEIRO DE AULA

## Modelo atômico de Bôhr

### Postulados

Os elétrons possuem níveis de energia.

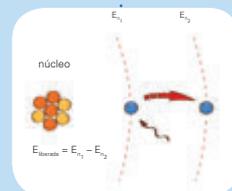
As órbitas são circulares.

As órbitas são estacionárias.

### Excitação do elétron

O elétron migra para uma camada mais externa.

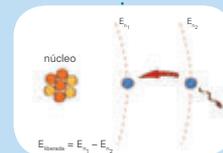
### Órbita de maior energia



O elétron, ao retornar para o nível menos energético.

Ocorre liberação de ondas eletromagnéticas.

Fótons – luz



## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

**1. C. U. São Camilo-SP** – O resultado da análise laboratorial de amostras de água coletadas no Rio Doce, após o rompimento das barragens em Mariana (MG), apontou níveis acima das concentrações aceitáveis de metais pesados, como arsênio e ferro.

Disponível em: <www.noticias.uol.com.br>. Adaptado.

O isótopo mais abundante do ferro ( $Z = 26$ ) é o  $^{56}\text{Fe}$ . Determine o número total de partículas (prótons, nêutrons e elétrons) em um átomo desse isótopo. Apresente os cálculos efetuados.

$$Z = p^+ = e^- \therefore p^+ = 26 \text{ e } e^- = 26$$

$$A = 56$$

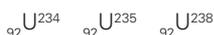
Cálculo da quantidade de nêutrons:

$$A = Z + n$$

$$56 = 26 + n$$

$$n = 30$$

**2. UEPG-PR** – Na natureza, podem-se encontrar três variedades isotópicas do elemento químico urânio, representadas a seguir. Com relação a esses isótopos, no estado fundamental, assinale o que for correto.



- 01) O urânio-234 possui 92 prótons e 92 elétrons.  
 02) O urânio-235 possui 92 prótons e 143 nêutrons.  
 04) Os três átomos possuem o mesmo número de massa.  
 08) O urânio-238 possui 92 elétrons e 146 nêutrons.

Dê a soma dos números dos itens corretos.

11 (01 + 02 + 08)

| ${}_{92}\text{U}^{234}$ | ${}_{92}\text{U}^{235}$ | ${}_{92}\text{U}^{238}$ |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| A = 234                 | A = 235                 | A = 238                 |
| Z = 92                  | Z = 92                  | Z = 92                  |
| $p^+ = 92$              | $p^+ = 92$              | $p^+ = 92$              |
| $e^- = 92$              | $e^- = 92$              | $e^- = 92$              |
| $n = A - Z$             | $n = A - Z$             | $n = A - Z$             |
| $n = 234 - 92$          | $n = 235 - 92$          | $n = 238 - 92$          |
| $n = 142$               | $n = 143$               | $n = 146$               |

01) Correto

02) Correto

04) Incorreto. Os números de massa (A) são diferentes:  $234 \neq$

$235 \neq 238$ .

08) Correto

## 3. UFAL

C7-H24

Os compostos de sódio são importantes principalmente porque são baratos e solúveis em água. O cloreto de sódio é obtido da água do mar (processo de salinas) ou de minas subterrâneas (salgema).

Ao se compararem os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  com os seus respectivos átomos neutros de onde se originaram, é correto afirmar que

Dados:  ${}_{11}\text{Na}^{23}$ ;  ${}_{17}\text{Cl}$

- a) o número de elétrons permanece inalterado.  
b) ambos os íons são provenientes de átomos que perderam elétrons.  
c) o cátion se originou do átomo neutro, pelo recebimento de um elétron.  
 d) houve manutenção da carga nuclear de ambos os íons.  
e) o número de prótons aumentou.

| ${}_{11}\text{Na}^{23}$ | ${}_{11}\text{Na}^+$ | ${}_{17}\text{Cl}^{35}$ | ${}_{17}\text{Cl}^-$ |
|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| Z = 11                  | Z = 11               | Z = 17                  | Z = 17               |
| $p^+ = 11$              | $p^+ = 11$           | $p^+ = 17$              | $p^+ = 17$           |
| $e^- = 11$              | $e^- = 10$           | $e^- = 17$              | $e^- = 18$           |
| $n = A - Z$             | $n = A - Z$          | $n = A - Z$             | $n = A - Z$          |
| $n = 23 - 11$           | $n = 23 - 11$        | $n = 35 - 17$           | $n = 35 - 17$        |
| $n = 12$                | $n = 12$             | $n = 18$                | $n = 18$             |

- a) Incorreto. O número de elétrons sofreu alterações.  
b) Incorreto. O íon  $\text{Na}^+$  é proveniente do átomo que perdeu elétron, e o íon  $\text{Cl}^-$  é proveniente do átomo que ganhou elétron.  
c) Incorreto. O cátion originou-se do átomo neutro, pela perda de um elétron.  
d) Correto. A carga nuclear, nêutrons (n) e prótons ( $p^+$ ), não sofreu alteração.  
e) Incorreto. O número de prótons ( $p^+$ ) não sofreu alteração.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em

situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar

materiais, substâncias ou transformações químicas.

**4. VUNESP** – A luz branca é composta por ondas eletromagnéticas de todas as frequências do espectro visível. O espectro de radiação emitido por um elemento, quando submetido a um arco elétrico ou a altas temperaturas, é descontínuo e apresenta uma de suas linhas com maior intensidade, o que fornece “uma impressão digital” desse elemento. Quando essas linhas estão situadas na região da radiação visível, é possível identificar diferentes elementos químicos por meio dos chamados testes de chama.

A tabela apresenta as cores características emitidas por alguns elementos no teste de chama.

| Elemento | Cor             |
|----------|-----------------|
| Sódio    | Amarela         |
| Potássio | Violeta         |
| Cálcio   | Vermelho-tijolo |
| Cobre    | Azul-esverdeada |

Em 1913, Niels Böhr (1885-1962) propôs um modelo que fornecia uma explicação para a origem dos espectros atômicos. Nesse modelo, Böhr introduziu uma série de postulados, dentre os quais o de que a energia do elétron só pode assumir certos valores discretos, ocupando níveis de energia permitidos ao redor do núcleo atômico.

Considerando o modelo de Böhr, os diferentes espectros atômicos podem ser explicados em função

- do recebimento de elétrons por diferentes elementos.
- da perda de elétrons por diferentes elementos.
- das diferentes transições eletrônicas, que variam de elemento para elemento.
- da promoção de diferentes elétrons para níveis mais energéticos.
- da instabilidade nuclear de diferentes elementos.

Como cada elemento tem uma distribuição eletrônica, cada um apresenta sua própria energia de transição entre seus elétrons, resultando em diferentes espectros atômicos.

**5. UFMT** – Os modelos atômicos colaboram de forma significativa nas explicações da maioria dos fenômenos físicos e químicos pelos quais a matéria passa.

Segundo esses modelos, o átomo hoje apresenta

- um núcleo onde são encontrados os prótons, partículas dotadas de carga elétrica positiva, e os nêutrons, partículas desprovidas de natureza elétrica, além da eletrosfera, onde se movimentam os elétrons.

- basicamente duas regiões distintas, o núcleo e a eletrosfera. A eletrosfera é uma região maciça, compacta e densa, que fica no centro do átomo.
- apenas elétrons, sendo estes as únicas partículas desprovidas de movimentos.
- apenas prótons e nêutrons na eletrosfera e elétrons na região central.
- quantidade de nêutrons obrigatoriamente igual à quantidade de elétrons.

O modelo do átomo atual apresenta basicamente duas regiões distintas, que são:

**Núcleo:** região maciça, compacta e densa que fica no centro do átomo, constituído de duas partículas diferentes, os prótons, carregados positivamente, e os nêutrons, desprovidos de carga elétrica.

**Eletrosfera:** região periférica, ao redor do núcleo do átomo, onde os elétrons ficam girando.

**6. IFSul-RS** – No interior do tubo da lâmpada fluorescente, existem átomos de argônio e átomos de mercúrio. Quando a lâmpada está em funcionamento, os átomos de Ar ionizados chocam-se com os átomos de Hg. A cada choque, o átomo de Hg recebe determinada quantidade de energia que faz com que seus elétrons passem de um nível de energia para outro, afastando-se do núcleo. Ao retornar ao seu nível de origem, os elétrons do átomo de Hg emitem grande quantidade de energia na forma de radiação ultravioleta. Esses raios não são visíveis, porém eles excitam os elétrons do átomo de P presente na lateral do tubo, que absorvem energia e emitem luz visível para o ambiente.

Explique qual dos modelos atômicos justifica o que se evidencia no texto anterior.

Segundo o modelo proposto pelo cientista Niels Böhr, o elétron, ao

ganhar energia, salta para um nível energético maior que o anterior

e, ao perder a energia que ganhou, retorna ao estado fundamental,

emitindo essa energia em forma de fóton, com comprimento de

onda específico de cada elemento.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. Cefet-MG** – Associe as representações das espécies químicas aos seus respectivos átomos ou íons, considerando que X possui  $Z = 7$  e Y possui  $Z = 6$ .

- |    | Representações | Átomos ou íons |
|----|----------------|----------------|
| 1. |                | ( ) $X^-$      |
| 2. |                | ( ) X          |
| 3. |                | ( ) Y          |

- |    | Representações | Átomos ou íons |
|----|----------------|----------------|
| 4. |                | ( ) $Y^-$      |
| 5. |                | ( ) $X^+$      |

A sequência correta encontrada é

- 2 – 4 – 1 – 5 – 3
- 3 – 1 – 5 – 2 – 4
- 5 – 1 – 4 – 2 – 3
- 5 – 2 – 4 – 3 – 1

**8. EsPCEX-SP/Aman-RJ** – Um átomo neutro do elemento químico genérico A, ao perder 2 elétrons, forma um cátion bivalente, contendo 36 elétrons. O número atômico desse átomo A é

- a) 36.                      c) 34.                      e) 38.  
b) 42.                      d) 40.

### 9. VUNESP

#### ÁGUA COLETADA EM FUKUSHIMA EM 2013 REVELA RADIOATIVIDADE RECORDE

A empresa responsável pela operação da usina nuclear de Fukushima, Tokyo Electric Power (Tepco), informou que as amostras de água coletadas na central em julho de 2013 continham um nível recorde de radioatividade, cinco vezes maior que o detectado originalmente. A Tepco explicou que uma nova medição revelou que o líquido, coletado de um poço de observação entre os reatores 1 e 2 da fábrica, continha nível recorde do isótopo radioativo estrôncio-90.

Disponível em: <www.folha.uol.com.br>. Adaptado.

O estrôncio-90,  $^{90}_{38}\text{Sr}$ , é o principal isótopo desse elemento químico encontrado nos reatores nucleares. Sobre esse isótopo, é correto afirmar que seu cátion bivalente possui

- a) 38 prótons, 50 nêutrons e 36 elétrons.  
b) 36 prótons, 52 nêutrons e 38 elétrons.  
c) 38 prótons, 50 nêutrons e 38 elétrons.  
d) 38 prótons, 52 nêutrons e 36 elétrons.  
e) 36 prótons, 52 nêutrons e 36 elétrons.

**10. UFRGS-RS** – Considere as seguintes afirmações a respeito do experimento de Rutherford e do modelo atômico de Rutherford-Böhr.

- I. A maior parte do volume do átomo é constituída pelo núcleo denso e positivo.  
II. Os elétrons movimentam-se em órbitas estacionárias ao redor do núcleo.  
III. O elétron, ao pular de uma órbita mais externa para uma mais interna, emite uma quantidade de energia bem definida.

Quais estão corretas? Justifique sua resposta

---



---



---



---



---



---



---



---

### 11. Unit-SE

Hélio



Em 1913, Niels Böhr propôs um modelo, mais completo, que consegue explicar o espectro atômico dos ele-

mentos químicos. No modelo, Böhr incluiu uma série de postulados, ampliando, assim, as concepções de Ernest Rutherford.

Considerando-se o espectro atômico do elemento químico hélio, as informações do texto e os postulados de Niels Böhr, é correto afirmar:

- a) Os elétrons movimentam-se em órbitas estacionárias e emitem e absorvem energia.  
b) Os níveis eletrônicos, no átomo, possuem valores determinados de energia.  
c) Ao absorverem energia eletromagnética ultravioleta ou na região do visível, os elétrons são excitados e transitam para níveis menos energéticos.  
d) A transição de retorno de um elétron ao nível anterior ocorre com absorção de energia.  
e) Os elétrons, em um átomo, permanecem entre dois níveis de energia.

**12. Unig-RJ** – O modelo de Niels Böhr foi eficiente ao estabelecer a ideia da existência de níveis de energia no átomo. Entretanto, o estudo mais detalhado dos espectros levou os cientistas a perceber que cada raia estudada por Böhr era formada por um conjunto de raias finas. Como Böhr havia associado cada raia a um nível de energia, os cientistas concluíram que um dado nível de energia era constituído por

- a) um subnível de energia para qualquer átomo.  
b) uma camada eletrônica, contendo, no máximo, 18 elétrons.  
c) mais de dois elétrons por orbital para cada subnível de energia.  
d) subníveis de energia que têm a mesma energia de seu nível energético.  
e) subníveis de energia diferentes correspondentes a cada raia fina de parte do espectro descontínuo.

**13. FGV-SP (adaptado)** – O Brasil inaugurou, em 2014, o Projeto Sirius, um acelerador de partículas que permitirá o desenvolvimento de pesquisa nas áreas de Física, Química e Biologia. Seu funcionamento ocorrerá pelo fornecimento de energia a feixes de partículas subatômicas eletricamente carregadas: prótons e elétrons.

Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2014/02/>. Adaptado.

Na tabela, são apresentadas informações das quantidades de algumas partículas subatômicas para os íons  $X^{2-}$  e  $Ca^{2+}$ :

| Carga da partícula | $X^{2-}$ | $Ca^{2+}$ |
|--------------------|----------|-----------|
| Positiva           | 16       | y         |
| Negativa           | 18       | 18        |

Nessa tabela, o nome do elemento X e o valor de y são, respectivamente,

Dado:  ${}_{20}\text{C}$

- a) argônio e 16.                      d) enxofre e 18.  
b) argônio e 20.                      e) enxofre e 20.  
c) enxofre e 16.

**14. UTFPR** – Em 2016, a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) confirmou a descoberta de mais quatro elementos, todos produzidos artificialmente, identificados nas últimas décadas por cientistas russos,

japoneses e americanos, e que completam a sétima fila da Tabela Periódica. Eles se chamam nihonium (símbolo Nh e elemento 113), moscovium (símbolo Mc e elemento 115), tennessine (símbolo Ts e elemento 117) e oganesson (símbolo Og e elemento 118). As massas atômicas desses elementos são, respectivamente, 286, 288, 294, 294.

Com base nas afirmações anteriores, assinale a alternativa correta.

- a) Esses elementos são representados por  ${}_{113}^{286}\text{Nh}$ ,  ${}_{115}^{288}\text{Mc}$ ,  ${}_{117}^{294}\text{Ts}$  e  ${}_{118}^{294}\text{Og}$ .
- b) Os elementos tennessine e oganesson são isóbaros.
- c) Esses elementos foram encontrados em meteoritos oriundos do espaço.
- d) Os elementos tennessine e oganesson são isótopos.
- e) Os quatro novos elementos são isótonos entre si.

**15. Urca-CE (adaptado)** – O número de elétrons do cátion  $X^{2+}$  de um elemento X é igual ao número de elétrons do átomo neutro de um gás nobre. Esse átomo de gás nobre apresenta número atômico 10 e número de massa 20. Qual o número atômico do elemento X?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**16. Uesb-BA** – O físico dinamarquês Niels Böhrr apresentou à sociedade científica, em 1913, o modelo atômico que relacionou a quantidade de energia dos elétrons com as posições na eletrosfera do átomo e com as transições representadas pelas linhas do espectro atômico dos elétrons químicos. Uma análise dessas informações, de acordo com os conhecimentos sobre estrutura atômica, permite afirmar:

- a) O modelo atômico de N. Böhrr substitui, por completo, o modelo de E. Rutherford.
- b) O modelo atômico de N. Böhrr explica a estrutura fina do espectro atômico dos elementos químicos.
- c) A cor da luz emitida em uma transição eletrônica depende da diferença entre níveis envolvidos e varia de acordo com o elemento químico.
- d) O nível de energia, no modelo atômico de N. Böhrr, tem valores variáveis de energia.
- e) A transição de retorno de um elétron de um nível de energia para outro mais interno é acompanhada de absorção de energia.
- e) remoção de nêutrons.

**17. UFRGS** – Em 2013 comemora-se o centenário do modelo atômico proposto pelo físico dinamarquês Niels Böhrr para o átomo de hidrogênio, o qual incorporou o conceito de quantização da energia, possibilitando a explicação de algumas propriedades observadas experimentalmente. Embora o modelo atômico atual seja diferente, em muitos aspectos, daquele proposto por Böhrr, a incorporação do conceito de quantização foi fundamental para o seu desenvolvimento. Com respeito ao modelo atômico para o átomo de hidrogênio proposto por Böhrr em 1913, é correto afirmar que

- a) o espectro de emissão do átomo de H é explicado por meio da emissão de energia pelo elétron em seu movimento dentro de cada órbita estável ao redor do núcleo do átomo.
- b) o movimento do elétron ao redor do núcleo do átomo é descrito por meio de níveis e subníveis eletrônicos.
- c) o elétron se move com velocidade constante em cada uma das órbitas circulares permitidas ao redor do núcleo do átomo.
- d) a regra do octeto é um dos conceitos fundamentais para ocupação, pelo elétron, das órbitas ao redor do núcleo do átomo.
- e) a velocidade do elétron é variável em seu movimento em uma órbita elíptica ao redor do núcleo do átomo.

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. UDESC

C5-H17

Após a realização de uma série de experimentos, foi detectado um íon  $Q^{2-}$ , que possui carga 2-, tendo, assim, número de elétrons igual ao de um gás nobre. O gás nobre em questão possui número atômico 18 e número de massa 40.

Assinale a alternativa que contém, sequencialmente, o elemento Q e seu número atômico.

- a) O elemento Q é o argônio e possui número atômico 18.
- b) O elemento Q é o oxigênio e possui número atômico 8.
- c) O elemento Q é o cloro e possui número atômico 17.
- d) O elemento Q é o enxofre e possui número atômico 16.
- e) O elemento Q é o enxofre e possui número atômico 18.

### 19. UFG-GO

C7-H24

Em um determinado momento histórico, o modelo atômico vigente e que explicava parte da constituição da matéria considerava que o átomo era composto de um núcleo com carga positiva. Ao redor deste, havia partículas negativas uniformemente distribuídas. A experiência investigativa que levou à proposição desse modelo foi aquela na qual

- a) se realizou uma série de descargas elétricas em tubos de raios catódicos.
- b) se determinaram as leis ponderais das combinações químicas.
- c) se analisaram espectros atômicos com emissão de luz com cores características para cada elemento.

- d) se caracterizaram estudos sobre radioatividade e dispersão e reflexão de partículas alfa.
- e) se providenciou a resolução de uma equação para determinação dos níveis de energia da camada eletrônica.

## 20. UCB-DF

C7-H24

A Química e a Física sofreram transformações estruturais com o advento de descobertas ocorridas principalmente no final do século XIX e início do século XX. Essas descobertas, tais como a pesquisa a respeito da radioatividade e do espectro luminoso, promoveram um novo entendimento do mundo microscópico, especialmente aquele relacionado à estrutura atômica. Para a Química, isso foi essencial, uma vez que o fenômeno de maior interesse para essa ciência é a reação química, que ocorre pelo rearranjo de átomos, por meio de uma intrincada inter-relação eletrônica. Em relação a esse tema, assinale a alternativa correta.

- a) O modelo atômico de Rutherford-Böhr explicava, por exemplo, o espectro da luz emitido pela excita-

ção do hidrogênio, em que cada frequência captada era decorrente de uma relaxação de um elétron de uma órbita mais energética para uma menos energética.

- b) Segundo Thomson, os elétrons eram corpúsculos de carga negativa que orbitavam um núcleo positivamente carregado.
- c) O que define o fato de um átomo ser de determinado elemento químico é o número de elétrons na respectiva eletrosfera.
- d) As reações químicas são fenômenos essencialmente eletrônicos, isto é, ocorrem com a troca ou o compartilhamento de elétrons entre substâncias. Essa troca ou compartilhamento de elétrons acontece naturalmente, de modo que todos os átomos, de todos os elementos químicos, tenham uma configuração eletrônica de gases nobres.
- e) Todos os elementos que têm configurações eletrônicas terminadas de forma semelhante pertencem à mesma família na Tabela Periódica.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

# DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA E ESTUDO DA TABELA PERIÓDICA

## Distribuição ou configuração eletrônica

O estado de menor energia de um átomo isolado é chamado de estado fundamental. Nele, os elétrons estão distribuídos nos seus diferentes níveis energéticos e nos seus subníveis. O princípio básico da distribuição eletrônica consiste em dispor os elétrons de forma que o átomo tenha um menor estado de energia.

### NÍVEIS DE ENERGIA

A eletrosfera está dividida da seguinte maneira:

- Considerando o elétron como partícula, com 7 camadas eletrônicas (K, L, M, N, O, P e Q).
- Considerando o elétron como energia (onda), com 7 níveis de energia (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7).



A distância entre as camadas diminui à medida que elas se afastam do núcleo. E quanto mais afastada do núcleo, maior é a energia da camada.

### Capacidade máxima de elétrons em cada nível de energia

O número máximo de elétrons que podem ter a mesma energia potencial (mesmo  $n$ ) é calculado pela equação de Rydberg:  $e_{\text{max}}^- = 2 \cdot n^2$ .

Em que:

$e_{\text{max}}^-$  = número máximo de elétrons em cada nível de energia;

$n$  = número quântico principal (níveis de energia = 1; 2; 3; 4; 5; 6 e 7).

**Teoricamente**, temos:

| Valores de $n$            | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
|---------------------------|---|---|----|----|----|----|----|
| Número máximo de elétrons | 2 | 8 | 18 | 32 | 50 | 72 | 98 |

**Experimentalmente**, temos:

| Camada                    | K | L | M  | N  | O  | P  | Q      |
|---------------------------|---|---|----|----|----|----|--------|
| Nível de energia ( $n$ )  | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7      |
| Número máximo de elétrons | 2 | 8 | 18 | 32 | 32 | 18 | 2 ou 8 |

- Distribuição eletrônica
- Níveis de energia
- Subníveis de energia
- Estudo da Tabela Periódica
- Tabela Periódica moderna

### HABILIDADES

- Reconhecer que os elétrons estão distribuídos em níveis de energia.
- Distribuir os elétrons de átomos neutros e íons de elementos representativos, de acordo com o modelo de Rutherford-Böhr.
- Reconhecer a estrutura da Tabela Periódica.
- Prever e determinar as propriedades dos elementos químicos com base em seu número atômico ou em sua estrutura eletrônica.

## Subníveis de energia

Segundo estudos sobre o espectro descontínuo dos átomos, os níveis de energia da eletrosfera de um átomo apresentam subdivisões de energia – **os subníveis**. Esses subníveis são representados pelas letras **s, p, d, f, g, h,...** e apresentam uma ordem crescente de energia: **s < p < d < f**

Os elétrons de um mesmo subnível contêm a mesma quantidade de energia. Cada nível energético possui a mesma quantidade de subníveis.

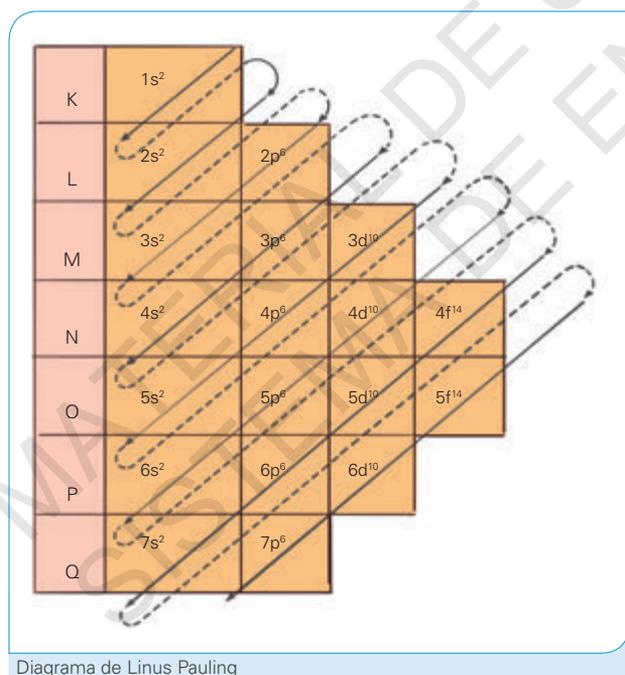
## Capacidade máxima de elétrons em cada subnível de energia

| Subnível                  | s | p | d  | f  |
|---------------------------|---|---|----|----|
| Número máximo de elétrons | 2 | 6 | 10 | 14 |

## DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA NOS SUBNÍVEIS DE UM ÁTOMO NEUTRO

Um dos fatores que determinam a estabilidade de um átomo é que, quanto menor for a energia agregada a um elétron, maior será sua estabilidade. Assim, os subníveis são preenchidos em ordem crescente de energia. Ao se completar um subnível de menor energia, parte-se para o preenchimento de outro subnível. Essa distribuição de elétrons pela eletrosfera, através dos subníveis de energia, recebeu o nome de configuração eletrônica.

Linus Pauling descobriu que a energia dos subníveis cresce na seguinte ordem:



Na sequência das setas, os subníveis estão na seguinte ordem crescente de energia:

1s 2s 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p 6s 4f 5d 6p 7s 5f 6d 7p

Assim, para se fazer a distribuição eletrônica de um átomo neutro, deve-se conhecer o seu número atômico (Z) e, conseqüentemente, seu número de elétrons, e distribuí-los em ordem crescente de energia dos subníveis.

### Exemplo

Bromo (Br): Z = 35; logo, apresentará 35 elétrons.

**Ordem energética** (ordem de preenchimento):

${}_{35}\text{Br}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$   
(ordem energética)

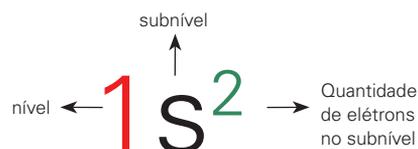
**Ordem geométrica ou ordem de distância** (ordem de distanciamento do núcleo): primeiramente, faz-se a distribuição eletrônica em ordem crescente de energia e, depois, separam-se os subníveis por camadas de energia, para se verificar a **Camada de valência**.

| Ordem geométrica | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>10</sup> | 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup> |
|------------------|-----------------|---------------------------------|--|---------------------------------|
| Ordem em camadas | K = 2           | L = 8                           | M = 18   | N = 7                           |

Para o átomo de Bromo, o **subnível mais energético (o último que fora distribuído, a partir do diagrama de Linus Pauling) é o 4p** (5 elétrons) e a **camada de valência é a N**, contendo 7 elétrons.

**Nota:** a última camada eletrônica de um átomo também é chamada **camada ou nível de valência** (camada mais externa ou mais afastada do núcleo).

Significado da simbologia adotada para indicar a configuração eletrônica:



### Comentários adicionais:

1s<sup>2</sup> é lido “**um esse dois**” e não “**um esse ao quadrado**”. (O número dois não é um expoente matemático.)

Quando um elemento apresenta um número atômico muito grande, geralmente sua distribuição eletrônica é simplificada utilizando elementos menores (sempre um cerne do gás nobre); alguns autores chamam de distribuição eletrônica moderna, por exemplo:

### Dados

${}_{80}\text{Hg}$  e  ${}_{54}\text{Xe}$

${}_{80}\text{Hg} \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10}$

ou

${}_{80}\text{Hg} \rightarrow [{}_{54}\text{Xe}] 6s^2 4f^{14} 5d^{10}$  (**ordem energética**)

ou

${}_{80}\text{Hg} \rightarrow [{}_{54}\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2$  (**ordem geométrica**)

Mas será que a natureza, assumindo que os orbitais de fato existem, seria tão obediente e previsível assim? Todos os mais de 118 elementos que conhecemos, sendo naturais ou artificiais, obedeceriam a esse padrão? É razoável que não. Alguns, como é o caso do crômio (Cr) e do cobre (Cu), têm a distribuição alterada da seguinte forma:

${}_{24}\text{Cr}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^4$ , mas a configuração experimental é:

${}_{24}\text{Cr}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$ ; e

${}_{29}\text{Cu}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$ , mas a configuração experimental é:

${}_{29}\text{Cu}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$ .

Como o orbital d é degenerado, o ideal é que ele tenha o mesmo preenchimento, seja parcialmente preenchido, seja totalmente preenchido, e, para isso, existe a transferência interna de um elétron do orbital s para o orbital d.

## DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA NOS SUBNÍVEIS DE UM ÍON

A distribuição eletrônica em íons é semelhante à dos átomos neutros. Convém lembrar que um íon é formado pela perda ou pelo ganho de elétrons de um átomo. Os elétrons são retirados do subnível da camada mais externa (camada de valência), mesmo que não

sejam os mais energéticos, e recebidos no subnível incompleto de maior energia.

### Distribuição eletrônica nos subníveis de um cátion

Após a distribuição eletrônica do átomo neutro, retiram-se os elétrons mais externos (camada de valência) do átomo correspondente.

#### Exemplo

${}_{26}^{56}\text{Fe}^0$  (26 p<sup>+</sup> e 26 e<sup>-</sup>) →  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$

C.V. ←

${}_{26}^{56}\text{Fe}^{2+}$  (26 p<sup>+</sup> e 24 e<sup>-</sup>) →  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$

${}_{26}^{56}\text{Fe}^{3+}$  (26 p<sup>+</sup> e 23 e<sup>-</sup>) →  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$

### Distribuição eletrônica nos subníveis de um ânion

Após a distribuição eletrônica do átomo neutro, acrescentam-se os elétrons no subnível incompleto de maior energia.

#### Exemplo

${}_{35}^{80}\text{Br}^0$  (35 p<sup>+</sup> e 35 e<sup>-</sup>) →  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$

Subnível mais energético ←

${}_{35}^{80}\text{Br}^-$  (35 p<sup>+</sup> e 36 e<sup>-</sup>) →  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$

#### Resumindo:

A tabela a seguir apresenta os subníveis possíveis para cada nível.

| Camada | Quantidade de Elétrons | Nível | Subnível   | Preenchimento Eletrônico       |
|--------|------------------------|-------|------------|--------------------------------|
| K      | 2                      | 1     | s          | $1s^2$                         |
| L      | 8                      | 2     | s, p       | $2s^2, 2p^6$                   |
| M      | 18                     | 3     | s, p, d    | $3s^2, 3p^6, 3d^{10}$          |
| N      | 32                     | 4     | s, p, d, f | $4s^2, 4p^6, 4d^{10}, 4f^{14}$ |
| O      | 32                     | 5     | s, p, d, f | $5s^2, 5p^6, 5d^{10}, 5f^{14}$ |
| P      | 18                     | 6     | s, p, d    | $6s^2, 6p^6, 6d^{10}$          |
| Q      | 8                      | 7     | s, p       | $7s^2, 7p^6$                   |

#### Observação

Se os átomos possuem estrutura, não deveriam ser assim chamados, pois a palavra átomo em grego significa indivisível. Mas o nome foi mantido por razões históricas.

## Tabela Periódica

### INTRODUÇÃO

Já no início do século XIX, os cientistas conheciam um número razoável de elementos, bem como suas propriedades químicas e físicas. Contudo, essas informações estavam disseminadas pela Europa. Surgiu, assim, a necessidade de organizar os elementos em uma tabela, de modo que a pesquisa e o uso das informações a respeito dos elementos químicos conhecidos ficassem facilitados.

Em 1869, o russo Dmitri Ivanovich Mendeleev propôs a organização dos 63 elementos que eram conhe-

cidos até então em ordem crescente de sua massa atômica, principal propriedade identificada. O trabalho realizado por Mendeleev foi tão profundo e minucioso que acabou sendo utilizado como base da Tabela Periódica moderna, chegando a prever a existência de elementos ainda não conhecidos na época.

Com a evolução da química e a descoberta das partículas subatômicas, principalmente do próton, a Tabela Periódica moderna foi atualizada por Moseley, que distribuiu os elementos em **ordem crescente de seus números atômicos**, principal propriedade de qualquer elemento químico, fato que, na verdade, alterou muito pouco a disposição dos elementos proposta por Mendeleev.

# Tabela Periódica dos Elementos

|   |    |   |                                       |   |     |   |                                     |   |      |   |                                   |    |      |    |                                       |    |       |    |   |    |       |    |                                       |    |      |    |                                   |   |       |   |                              |
|---|----|---|---------------------------------------|---|-----|---|-------------------------------------|---|------|---|-----------------------------------|----|------|----|---------------------------------------|----|-------|----|---|----|-------|----|---------------------------------------|----|------|----|-----------------------------------|---|-------|---|------------------------------|
| 1 | IA | 1 | <b>H</b><br>Hidrogênio<br>[1,007,109] | 2 | IIA | 2 | <b>Be</b><br>Berílio<br>9,0122      | 3 | IIIB | 3 | <b>B</b><br>Boro<br>[10,80,10,83] | 4  | IVB  | 4  | <b>C</b><br>Carbono<br>[12,00,12,02]  | 5  | V     | 5  | <b>N</b><br>Nitrogênio<br>[14,00,14,01] | 6  | VIA   | 6  | <b>O</b><br>Oxigênio<br>[15,99,16,00] | 7  | VIIA | 7  | <b>F</b><br>Fluor<br>18,998       | 8 | VIIIA | 8 | <b>He</b><br>Hélio<br>4,0026 |
| 2 |    | 2 | <b>Li</b><br>Lítio<br>[6,938,6,997]   | 3 |     | 3 | <b>Li</b><br>Lítio<br>[6,938,6,997] | 4 | IVB  | 4 | <b>Al</b><br>Alumínio<br>[26,982] | 5  |      | 5  | <b>C</b><br>Carbono<br>[12,00,12,02]  | 6  | VI    | 6  | <b>N</b><br>Nitrogênio<br>[14,00,14,01] | 7  | VIIA  | 7  | <b>F</b><br>Fluor<br>18,998           | 8  |      | 8  | <b>Ne</b><br>Neônio<br>20,180     |   |       |   |                              |
| 3 |    | 3 | <b>Na</b><br>Sódio<br>22,990          | 4 | IIA | 4 | <b>Mg</b><br>Magnésio<br>24,305     | 5 | VB   | 5 | <b>Al</b><br>Alumínio<br>[26,982] | 6  | VI   | 6  | <b>Si</b><br>Silício<br>[28,08,28,09] | 7  | VIIA  | 7  | <b>O</b><br>Oxigênio<br>[15,99,16,00]   | 8  | VIIIA | 8  | <b>S</b><br>Enxofre<br>[32,05,32,08]  | 9  |      | 9  | <b>Ar</b><br>Argônio<br>39,948    |   |       |   |                              |
| 4 |    | 4 | <b>K</b><br>Potássio<br>39,098        | 5 | IIA | 5 | <b>Ca</b><br>Cálcio<br>40,078       | 6 | VB   | 6 | <b>Al</b><br>Alumínio<br>[26,982] | 7  | VIIA | 7  | <b>Cl</b><br>Cloro<br>[35,44,35,46]   | 8  | VIIIA | 8  | <b>Se</b><br>Selênio<br>78,96(3)        | 9  |       | 9  | <b>Br</b><br>Bromo<br>79,904          | 10 |      | 10 | <b>Kr</b><br>Criptônio<br>83,80   |   |       |   |                              |
| 5 |    | 5 | <b>Rb</b><br>Rubídio<br>85,468        | 6 | IIA | 6 | <b>Sr</b><br>Estrôncio<br>87,62     | 7 | VB   | 7 | <b>Al</b><br>Alumínio<br>[26,982] | 8  | VIIA | 8  | <b>Br</b><br>Bromo<br>[79,904]        | 9  | VIIIA | 9  | <b>Te</b><br>Telúrio<br>127,60          | 10 |       | 10 | <b>I</b><br>Iodo<br>126,90            | 11 |      | 11 | <b>Xe</b><br>Xenônio<br>131,29    |   |       |   |                              |
| 6 |    | 6 | <b>Cs</b><br>Césio<br>132,91          | 7 | IIA | 7 | <b>Ba</b><br>Bário<br>137,33        | 8 | VB   | 8 | <b>Al</b><br>Alumínio<br>[26,982] | 9  | VIIA | 9  | <b>At</b><br>Astato<br>[209,9]        | 10 | VIIIA | 10 | <b>Sb</b><br>Antimônio<br>121,76        | 11 |       | 11 | <b>Po</b><br>Polônio<br>[209]         | 12 |      | 12 | <b>Rn</b><br>Radônio<br>[222,02]  |   |       |   |                              |
| 7 |    | 7 | <b>Fr</b><br>Frâncio<br>[223]         | 8 | IIA | 8 | <b>Ra</b><br>Rádio<br>[226,03]      | 9 | VB   | 9 | <b>Al</b><br>Alumínio<br>[26,982] | 10 | VIIA | 10 | <b>Pb</b><br>Chumbo<br>[207,2]        | 11 | VIIIA | 11 | <b>Bi</b><br>Bismuto<br>[208,98]        | 12 |       | 12 | <b>Lv</b><br>Livermório<br>[260]      | 13 |      | 13 | <b>Og</b><br>Oganessônio<br>[284] |   |       |   |                              |

**Hg**  
Número atômico (Z) — 80  
Símbolo químico — Hg  
Radioativo — [Símbolo de radiação]  
Líquido — [Símbolo de líquido]  
Gasoso — [Símbolo de gás]  
Artificial — [Símbolo de artificial]Configuração eletrônica — [Símbolo de configuração eletrônica]  
Massa atômica (A) padrão — 200.59

**Mercúrio**  
Número atômico (Z) — 80  
Símbolo químico — Hg  
Radioativo — [Símbolo de radiação]  
Líquido — [Símbolo de líquido]  
Gasoso — [Símbolo de gás]  
Artificial — [Símbolo de artificial]Configuração eletrônica — [Símbolo de configuração eletrônica]  
Massa atômica (A) padrão — 200.59

**Mercurio**  
Número atômico (Z) — 80  
Símbolo químico — Hg  
Radioativo — [Símbolo de radiação]  
Líquido — [Símbolo de líquido]  
Gasoso — [Símbolo de gás]  
Artificial — [Símbolo de artificial]Configuração eletrônica — [Símbolo de configuração eletrônica]  
Massa atômica (A) padrão — 200.59

**Mercurio**  
Número atômico (Z) — 80  
Símbolo químico — Hg  
Radioativo — [Símbolo de radiação]  
Líquido — [Símbolo de líquido]  
Gasoso — [Símbolo de gás]  
Artificial — [Símbolo de artificial]Configuração eletrônica — [Símbolo de configuração eletrônica]  
Massa atômica (A) padrão — 200.59

Observações:  
1. Massas atômicas limitadas a cinco algarismos significativos, IUPAC-1989.  
2. As massas atômicas dos elementos tecnécio, polônio, radônio e rádio referem-se aos isótopos com meias-vidas mais longas.  
3. (\*) As propriedades físicas e químicas desses novos elementos ainda não estão totalmente definidas pela IUPAC.

Saíd Tavar Segundo/DREAMSTIME

## Tabela Periódica moderna

A proposta de organizar os elementos químicos de acordo com as semelhanças que eles apresentam continua sendo importante para o estudo da química. Atualmente, os elementos estão classificados em três grandes conjuntos – metais, não metais e gases nobres –, além do elemento químico hidrogênio, que tem características únicas.

### PROPRIEDADES FÍSICAS DOS METAIS

Os metais representam a maioria dos elementos químicos. São bons condutores de corrente elétrica e de calor. São sólidos à temperatura ambiente, com exceção do mercúrio, que é líquido. São lustrosos (brilhantes), maleáveis (capazes de formar lâminas finas) e dúcteis (capazes de formar fios).

### PROPRIEDADES FÍSICAS DOS NÃO METAIS

Os não metais representam menos de 10% do total dos elementos na Tabela Periódica. São maus condutores de corrente elétrica e de calor. Podem se apresentar nas formas líquida, gasosa e sólida. Os sólidos são frágeis, não são maleáveis nem lustrosos.

Na Tabela Periódica, encontramos elementos químicos naturais, que são os que apresentam número atômico  $\leq 92$ . O tecnécio ( $Z = 43$ ) e o promécio ( $Z = 61$ ) são artificiais: contêm elementos artificiais ou sintéticos, denominados transurânicos ( $Z > 92$ ).

### ESTRUTURA DA TABELA PERIÓDICA

Nos dias atuais, os 118 elementos químicos conhecidos e reconhecidos pela IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry* – União Internacional de Química Pura e Aplicada) estão distribuídos ao longo de sete linhas horizontais, denominadas **períodos**, e 18 linhas verticais, chamadas de **grupos ou famílias**. Desde 1988, a IUPAC recomenda que os grupos sejam simplesmente numerados de 1 a 18.

Em tabelas antigas, a representação era feita por algarismos romanos seguidos da letra **A** (grupos 1, 2 e de 13 a 18) ou **B** (de 3 a 12). Para cada grupo, os elementos apresentam propriedades químicas semelhantes, já que possuem o mesmo número de elétrons na camada de valência (elétrons da última camada), e, em cada período, as propriedades são diferentes, sendo encontrado o mesmo número de níveis de energia (camadas).

| Número do período | Número de camadas |
|-------------------|-------------------|
| 1                 | 1                 |
| 2                 | 2                 |
| 3                 | 3                 |
| 4                 | 4                 |

| Número do período | Número de camadas |
|-------------------|-------------------|
| 5                 | 5                 |
| 6                 | 6                 |
| 7                 | 7                 |

A Tabela Periódica também pode ser dividida em quatro grandes áreas, em função do subnível de maior energia da sua eletrosfera.

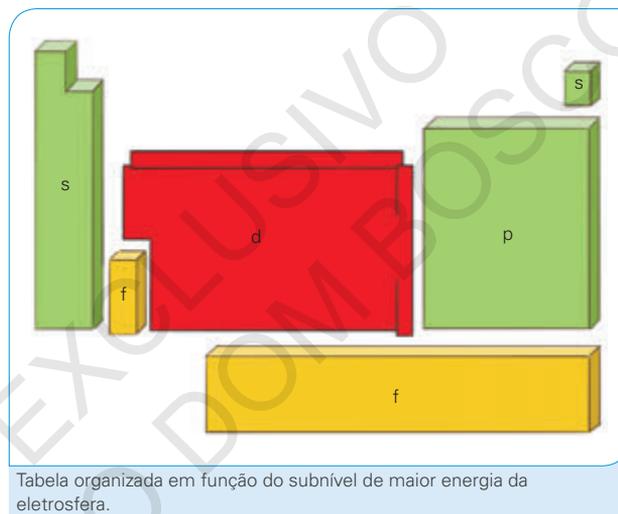


Tabela organizada em função do subnível de maior energia da eletrosfera.

### CLASSIFICAÇÕES

Os elementos da Tabela Periódica podem ser divididos em três conjuntos bastante característicos, apresentados a seguir.

#### Diferentes grupos

A periodicidade das propriedades dos elementos químicos dispostos na Tabela Periódica nem sempre segue uma tendência clara – isso depende do conjunto de elementos químicos analisados.

Os grupos da Tabela Periódica apresentam propriedades químicas e físicas que distinguem uns dos outros.

#### Elementos representativos (grupos A)

Estes elementos apresentam o elétron de maior energia do átomo no estado fundamental em um subnível **s** ou **p**, sendo que o número do grupo (não oficial) é o número de elétrons na camada de valência.

#### Exemplo

Apesar de sua posição na Tabela Periódica atual, o hidrogênio (H) não é um metal alcalino e constitui o único elemento químico sem uma classificação de grupo. Na maioria das Tabelas Periódicas, o hidrogênio está localizado acima do lítio (grupo 1 ou IA). Por vezes, pode aparecer acima do flúor (grupo 17 ou VIIA) ou até ser situado isoladamente, no alto e no centro da Tabela Periódica.

| Número      | Nome   | Número de elétrons na camada de valência | Configuração da camada de valência           |
|-------------|--|--|--|
| 1 ou IA     | Grupo dos metais alcalinos ( <i>alcali</i> = cinza de plantas). São encontrados em cinzas formadas pela combustão de plantas, principalmente o sódio e o potássio. <b>Observação:</b> o hidrogênio, embora apareça no grupo 1 (IA), não é um metal alcalino. | 1  | $s^1$  |
| 2 ou IIA    | Grupo dos metais alcalinoterrosos ( <i>álcalis</i> = características básicas; terroso = encontrado na terra)   | 2  | $s^2$  |
| 13 ou IIIA  | Grupo do boro  | 3  | $s^2 p^1$                                    |
| 14 ou IVA   | Grupo do carbono   | 4  | $s^2 p^2$                                    |
| 15 ou VA    | Grupo do nitrogênio  | 5  | $s^2 p^3$                                    |
| 16 ou VIA   | Grupo dos calcogênios (formadores de cobre)  | 6  | $s^2 p^4$                                    |
| 17 ou VIIA  | Grupo dos halogênios (formadores de sais)  | 7  | $s^2 p^5$                                    |
| 18 ou VIIIA | Grupo dos gases nobres   | 2 (He) e 8 (demais gases nobres)         | $s^2$ (He) e $s^2 p^6$ (demais gases nobres) |

Aplicações de alguns metais representativos no dia a dia:

- O **cálcio** (Ca) é um nutriente importante para a construção e manutenção dos ossos, assim como para a prevenção da osteoporose.
- Você tem câibra nas pernas? Coma uma banana para que você possa obter o **potássio** (K).
- Os balões de gás **hélio** (He) fazem muito sucesso na decoração de festas de aniversário.
- As latinhas de **alumínio** (Al) são utilizadas em larga escala pelas indústrias de bebidas. A sua reciclagem é de suma importância para o meio ambiente.
- Para desinfetar o corte da ferida de cachorro, utiliza-se, como antisséptico, o **iodo** (I).

### Elementos de transição externa (grupos B)

Tais elementos possuem o elétron de maior energia do átomo no estado fundamental em um subnível **d**, apresentando esse subnível de maneira incompleta (grupos 3 (IIIB), 4 (IVB), 5 (VB), 6 (VIB), 7 (VIIB), 8, 9 e 10 (VIIIB)). Estão localizados no centro da Tabela.

Aplicações de alguns metais de transição externa:

- O **ferro** (Fe) é usado em materiais de construção, ferramentas, veículos, catalisadores catalíticos etc.

- As ligas de **titânio** (Ti) são muito utilizadas na medicina, principalmente na artroplastia (substituição do quadril), em aviões de combate, em tubulações nas estações de energia nuclear etc.
- O **cobre** (Cu) é usado em sistemas elétricos (como nos fios que conduzem corrente elétrica), nas tubulações na construção civil, como coletor de energia solar etc.
- O **níquel** (Ni) é utilizado na produção de moedas, como catalisador na produção de margarina, na produção de aço inoxidável etc.

### Elementos de transição interna (grupos IIIB)

São conhecidos como séries dos **lantânídeos** (o nome origina-se do elemento químico lantânio) e dos **actinídeos** (o nome é proveniente do elemento químico actínio) e, por apresentarem o elétron de maior energia do átomo no estado fundamental colocado em subnível **f**, são representados à parte da estrutura principal da Tabela Periódica. Estão situados, respectivamente, no 6<sup>a</sup> e no 7<sup>a</sup> período, entre os grupos 2 (IIA) e 3 (IIIB).

- a) Lantânídeos (metais terras raras)  $\Rightarrow$  6<sup>a</sup> período  $\Rightarrow$  elementos de Z: de 57 a 71
- b) Actinídeos  $\Rightarrow$  7<sup>a</sup> período  $\Rightarrow$  elementos de Z: de 89 a 103

Aplicações de alguns elementos de transição interna:

- Os sais de **cério** são usados no tingimento de algodão, em acumuladores de chumbo e como catalisadores.
- Os **óxidos de neodímio** ( $N_2O_3$ ) e **praseodímio III** ( $Pr_2O_3$ ) são empregados na fabricação de óculos coloridos.
- O **tório** (Th) é utilizado em reatores atômicos, como barras de combustível, e no tratamento de câncer.
- O **plutônio** (Pu) é usado como combustível para reatores atômicos, bem como em bombas atômicas.

## LOCALIZAÇÃO DOS ELEMENTOS NA TABELA PERIÓDICA

Em função da **distribuição eletrônica** de um átomo no estado fundamental, é possível localizá-lo na Tabela Periódica.

O diagrama a seguir foi proposto pelo norte-americano Linus Pauling e discutido anteriormente. Ele mostra a ordem crescente de energia para um elétron, levando em consideração o nível e o subnível ocupados por ele. O preenchimento da eletrosfera pelos elétrons em subníveis obedece à ordem crescente de energia definida pelo diagrama de Pauling:

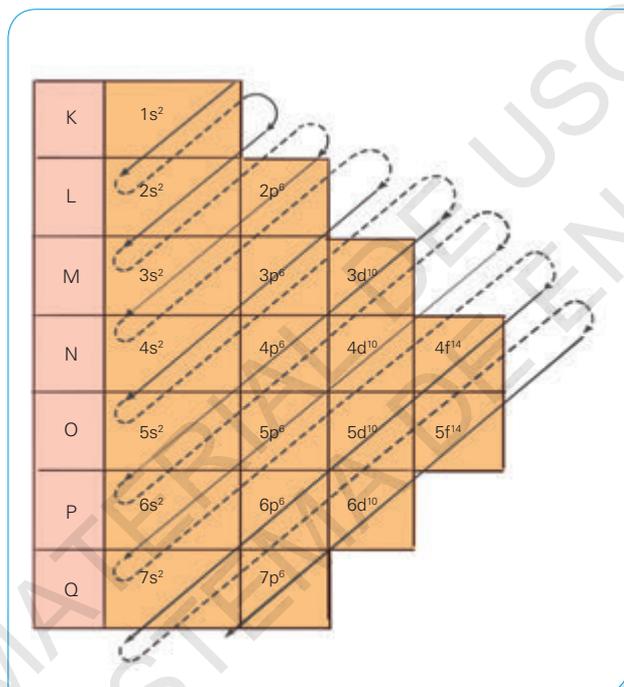


Diagrama de Linus Pauling.

O método para localizar os elementos na Tabela Periódica **depende do subnível mais energético (s, p, d ou f)**.

### Elementos representativos (s ou p)

Os elementos representativos (grupo A) são aqueles que possuem elétrons mais energéticos nos subníveis **s** ou **p**, isto é, têm sua configuração terminando em **ns<sup>1</sup>**, **ns<sup>2</sup>** ou **np<sup>x</sup>**. Para determinar o período desses

elementos, basta verificar qual é a sua camada de valência: o grupo (família) a que pertencem é indicado pelo número de elétrons na última camada.

**p<sup>x</sup>: x = elétrons de valência**

| Grupo       | Configuração eletrônica         |
|-------------|---------------------------------|
| 1 ou IA     | ns <sup>1</sup>                 |
| 2 ou IIA    | ns <sup>2</sup>                 |
| 13 ou IIIA  | ns <sup>2</sup> np <sup>1</sup> |
| 14 ou IVA   | ns <sup>2</sup> np <sup>2</sup> |
| 15 ou VA    | ns <sup>2</sup> np <sup>3</sup> |
| 16 ou VIA   | ns <sup>2</sup> np <sup>4</sup> |
| 17 ou VIIA  | ns <sup>2</sup> np <sup>5</sup> |
| 18 ou VIIIA | ns <sup>2</sup> np <sup>6</sup> |

**Observação:** **n** indica o período (linha) em que o elemento se encontra.

### Exemplos

$_{11}\text{Na} \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$  (elemento representativo  $\rightarrow$  s)

Os elétrons existentes no elemento sódio estão distribuídos em três níveis de energia (camadas K, L e M); portanto, esse elemento ocupa o 3º período na Tabela Periódica (família 1 ou IA).

$_{35}\text{Br} \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$  (elemento representativo  $\rightarrow$  p)

Os elétrons existentes no elemento bromo estão distribuídos em quatro níveis de energia (camadas K, L, M e N); portanto, esse elemento ocupa o 4º período na Tabela Periódica (família 17 ou VIIA).

### Metais de transição externa (d)

Os metais de transição externa (grupo B) são aqueles que possuem elétrons mais energéticos no subnível **d**, isto é, têm sua configuração terminando em **ns<sup>2</sup> (n - 1) d<sup>y</sup>**. Para localizar o período, basta determinar a camada de valência: a numeração do grupo pode ser determinada pela soma do número de elétrons dos subníveis **s** e **d** mais externos (regra válida apenas para a determinação oficial da IUPAC).

**d<sup>y</sup>: y = elétrons mais energéticos**

### Exemplos

$_{23}\text{V} \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3 \Rightarrow$

$\Rightarrow$  soma s + d = 2 + 3 = 5

Ocupa quatro níveis de energia; portanto, ocupa o 4º período e está localizado no grupo 5 (VB).

$_{48}\text{Cd} \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} \Rightarrow$

$\Rightarrow$  soma s + d = 2 + 10 = 12

Ocupa cinco níveis de energia; portanto, ocupa o 5º período e está localizado no grupo 12 (IIB).

## Metais de transição interna (f)

São conhecidos como séries dos lantanídeos e dos actinídeos e apresentam o elétron de maior energia colocado em subnível **f**. Estão representados à parte da estrutura principal da Tabela Periódica e situados, respectivamente, no 6º e no 7º período.

### Exemplos



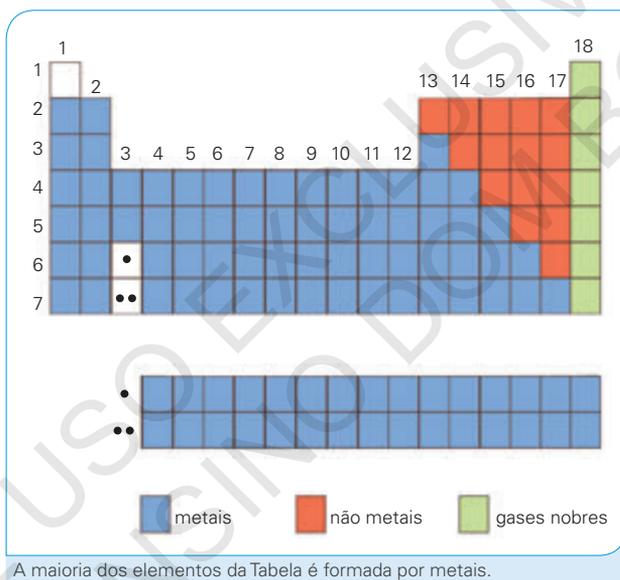
Família 3 (IIIB) – série dos lantanídeos (6º período)



Família 3 (IIIB) – série dos actinídeos (7º período)

## METAIS, NÃO METAIS E SEMIMETAIS

Outra divisão dos elementos da Tabela em função de suas características está representada na figura a seguir:



### Metais

São elementos que formam substâncias simples que conduzem bem a corrente elétrica e o calor. Facilmente transformados em fios (dúcteis) e lâminas (maleáveis), os metais apresentam-se sólidos em condição ambiente (25 °C e 1 atm), com exceção do mercúrio (Hg), que é líquido.

Muitos objetos do cotidiano são feitos de metais.

### Não metais ou ametais

São elementos formadores de substâncias simples que, ao contrário dos metais, geralmente não conduzem bem corrente elétrica e calor, com exceção do carbono na forma de grafite.

A grafite presente nos lápis é constituída de átomos de carbono.

### Semimetais

São elementos que formam substâncias simples sólidas, com características intermediárias entre as dos metais e as dos não metais.

### Gases nobres

Apresentam características próprias: não fazem ligações químicas com átomos do mesmo elemento ou de outros elementos por ter baixa reatividade. Apenas em laboratório, foram obtidos compostos com gases nobres, como o XeF<sub>6</sub>.

## ROTEIRO DE AULA

## Modelo atômico atual

Distribuição eletrônica em:

7 camadas

**K** - 2 e<sup>-</sup>  
**L** - 8 e<sup>-</sup>  
**M** - 18 e<sup>-</sup>  
**N** - 32 e<sup>-</sup>  
**O** - 32 e<sup>-</sup>  
**P** - 18 e<sup>-</sup>  
**Q** - 8 e<sup>-</sup>

4 subcamadas

s - 2 e<sup>-</sup>  
 p - 6 e<sup>-</sup>  
 d - 10 e<sup>-</sup>  
 f - 14 e<sup>-</sup>

|   |                 |                 |                  |                  |  |
|---|-----------------|-----------------|------------------|------------------|--|
| K | 1s <sup>2</sup> |                 |                  |                  |  |
| L | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> |                  |                  |  |
| M | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>10</sup> |                  |  |
| N | 4s <sup>2</sup> | 4p <sup>6</sup> | 4d <sup>10</sup> | 4f <sup>14</sup> |  |
| O | 5s <sup>2</sup> | 5p <sup>6</sup> | 5d <sup>10</sup> | 5f <sup>14</sup> |  |
| P | 6s <sup>2</sup> | 6p <sup>6</sup> | 6d <sup>10</sup> |                  |  |
| Q | 7s <sup>2</sup> | 7p <sup>6</sup> |                  |                  |  |

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO BOSCO

# ROTEIRO DE AULA

## TABELA PERIÓDICA

Organizada em ordem crescente de massa

Mendeleev

Organizada em ordem crescente de número atômico (Z)

MOSELEY

dividida em:

7 períodos

18 famílias

elementos representativos (grupos A)

elementos de transição (grupos B)

terminam em configuração s ou p

terminam em configuração d

terminam em configuração f

coluna 1 = família IA (com exceção do hidrogênio)

coluna 2 = família IIA

coluna 13 = família IIIA

coluna 14 = família IVA

coluna 15 = família VA

coluna 16 = família VIA

coluna 17 = família VIIA

coluna 18 = família VIIIA

terminam em configuração d

terminam em configuração f

metais de transição

metais de transição interna

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **Unipar-PR** – Na Tabela Periódica atual, os elementos químicos estão dispostos em ordem crescente de
- valência.
  - massa atômica.
  - número atômico.
  - número de oxidação.
  - densidade.

A Tabela Periódica atual é organizada em linhas horizontais, em ordem crescente de número atômico.

2. **ESCS-DF** – No estado fundamental de energia, um átomo de ferro ( $Z = 26$ ) possui exatamente
- seis elétrons em orbitais d.
  - seis elétrons em orbitais f.
  - seis elétrons em orbitais s.
  - dezoito elétrons em orbitais p.

Fazendo a distribuição eletrônica, temos:

$$Z = 26: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$$

- Em orbitais d possui oito elétrons.
- Não houve a necessidade da utilização do subnível f.
- Foram utilizados três subníveis "s", sendo ocupados por dois elétrons cada, totalizando, assim, seis elétrons.
- Em orbitais, p possui doze elétrons.

3. **F.M. Petrópolis- RJ**

C7-H24

O chumbo é um metal pesado que pode contaminar o ar, o solo, os rios e os alimentos. A absorção de quantidades pequenas de chumbo por longos períodos pode levar a uma toxicidade crônica, que se manifesta de várias formas, especialmente afetando o sistema nervoso, sendo as crianças as principais vítimas. Sendo o número atômico ( $Z$ ) do chumbo igual a 82, o íon plumboso ( $Pb^{2+}$ ) possui os elétrons mais energéticos no subnível

- $6p^2$
- $6s^2$
- $6p^4$
- $5d^{10}$
- $4f^{14}$

Distribuição eletrônica do chumbo:

$$Pb = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^2$$

Distribuição eletrônica do íon plumboso:

$$Pb^{2+} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10}$$

Subnível mais energético:  $5d^{10}$ .

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

4. **Unitins-TO (adaptado)** – De todos os elementos químicos da Tabela Periódica, apenas um possui características únicas e é o mais abundante na atmosfera, sendo também básico de todas as estrelas. Qual é o referido elemento?

O hidrogênio (H) é o primeiro elemento da Tabela Periódica e apresenta características únicas.

Consiste no elemento mais abundante no universo, compondo 75% da

materia normal por massa e mais de 90% por número de átomos. Esse

elemento é encontrado em grande abundância em estrelas e planetas

de gás gigantes.

5. **UFMS-RS** – Como é difícil para o escoteiro carregar panelas, a comida feita é geralmente preparada enrolando o alimento em folhas de papel-alumínio e adotando uma versão moderna de cozinhar com o uso de folhas ou argila. A camada de valência do elemento alumínio no seu estado fundamental é a \_\_\_\_\_, e o seu subnível mais energético é o \_\_\_\_\_.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas.

**Dados:**  ${}_{13}Al$

- terceira — 3s
- segunda — 2p
- segunda — 3p
- primeira — 3s
- terceira — 3

$${}_{14}Si \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$$

O silício possui 4 elétrons na camada de valência ( $3s^2 3p^2$ ).

6. **Fuvest-SP** – Um aluno estava analisando a Tabela Periódica e encontrou vários conjuntos de três elementos químicos que apresentavam propriedades semelhantes.

|  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 18 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| H  | 2  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | He |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Li   | Bc |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | B  | C  | N  | O  | F  | Ne |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Na   | Mg | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | Al | Si | P  | S  | Cl | Ar |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| K  | Ca | Sc | Ti | V  | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Rb   | Sr | Y  | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I  | Xe |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Cs   | Ba | La | Hf | Ta | W  | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Fr   | Ra | Ac | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | Ds | Rg |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <table border="1"> <tr> <td>La</td> <td>Ce</td> <td>Pr</td> <td>Nd</td> <td>Pm</td> <td>Sm</td> <td>Eu</td> <td>Gd</td> <td>Tb</td> <td>Dy</td> <td>Ho</td> <td>Er</td> <td>Tm</td> <td>Yb</td> <td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Ac</td> <td>Th</td> <td>Pa</td> <td>U</td> <td>Np</td> <td>Pu</td> <td>Am</td> <td>Cm</td> <td>Bk</td> <td>Cf</td> <td>Es</td> <td>Fm</td> <td>Md</td> <td>No</td> <td>Lr</td> </tr> </table> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | La | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | Ac | Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr |
| La   | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Ac   | Th | Pa | U  | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Assinale a alternativa na qual os conjuntos de três elementos ou substâncias elementares estão corretamente associados às propriedades indicadas no quadro a seguir.

| Números atômicos consecutivos | Reatividades semelhantes | Mesmo estado físico à temperatura ambiente |
|-------------------------------|--------------------------|--|
| <b>a)</b> Pt, Au, Hg          | $H_2$ , He, Li           | $Cl_2$ , $Br_2$ , $I_2$                    |
| <b>b)</b> Cl, Br, I           | $O_2$ , $F_2$ , Ne       | Ne, Ar, Kr                                 |
| <b>c)</b> Li, Na, K           | $O_2$ , $F_2$ , Ne       | Pt, Au, Hg                                 |
| <b>d)</b> Ne, Ar, Kr          | Mg, Ca, Sr               | $Cl_2$ , $Br_2$ , $I_2$                    |
| <b>e)</b> Pt, Au, Hg          | Li, Na, K                | Ne, Ar, Kr                                 |

De acordo com a localização dos elementos na Tabela Periódica, temos:

Os elementos Pt, Au e Hg estão localizados na mesma linha da Tabela Periódica (mesmo período) e são consecutivos (números atômicos crescentes).

Os elementos Li, Na e K pertencem ao mesmo grupo ou família (metais alcalinos), por isso possuem reatividades semelhantes.

Os elementos Ne, Ar e Kr pertencem ao grupo dos gases nobres (VIII ou 18) e apresentam o mesmo estado físico (gasoso) à temperatura ambiente.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. **Cesgranrio-RJ (adaptado)** – Faça a distribuição em ní7. Ibmecc-RJ – De acordo com a Tabela Periódica a seguir, assinale a alternativa **incorreta** quanto à posição dos algarismos romanos que estão substituindo os símbolos dos elementos químicos.

|    |  |  |  |   |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |     |
|----|--|--|--|---|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|-----|
| I  |  |  |  |   |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | II  |     |
|    |  |  |  |   |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | III |     |
|    |  |  |  |   |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |     |
| IV |  |  |  | V |  |  | VI |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     | VII |
|    |  |  |  |   |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |     |
| IX |  |  |  |   |  |  | X  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |     |
|    |  |  |  |   |  |  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |     |

- O elemento químico representado por II é um gás nobre.
- O elemento químico representado por VII possui número atômico igual a 36.
- O elemento químico representado por IX possui número de massa igual a 133.
- O elemento químico representado por I é um gás à temperatura ambiente.
- O elemento químico representado por X pode ser classificado por metal alcalinoterroso.

8. **Cefet-RJ** – Considere as informações mostradas a seguir a respeito de três elementos genericamente representados pelas letras A, B e C. Com base nas informações, identifique a alternativa que apresenta a distribuição eletrônica, em subníveis de energia, do átomo C.

- O elemento A apresenta número atômico 26 e número de massa 56.
- O elemento A é isótono do elemento B.
- O elemento B é isóbaro do elemento C e isoeletrônico do íon  $C^{2+}$ . O elemento B apresenta número de massa 58.

- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2$

---



---



---



---



---

9. **Unitins-TO** – A família dos halogênios (formadores de sais) é constituída pelos elementos químicos que possuem sete elétrons em sua camada de valência. Entre eles, os que podem ser adicionados à água, para inativar microrganismos e torná-la potável, são

- Cl e F.
- At e I.
- F e Br.
- I e Cl.
- At e Cl.

10. **PUC-SP (adaptado)** – Os átomos isóbaros X e Y pertencem a metal alcalino e alcalinoterroso do mesmo período de classificação periódica. Sabendo-se que X é formado por 37 prótons e 51 nêutrons, quais os números atômico e de massa de Y, respectivamente?

---



---



---



---



---

11. **IFSP** – Na classificação periódica, o período e o grupo ou família em que o elemento químico de configuração eletrônica  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^4$  está localizado são, respectivamente,

- 3 e 13 ou IIIA.
- 4 e 14 ou IVA.
- 6 e 14 ou IVA.
- 4 e 16 ou VIA.
- 6 e 16 ou VIA.

12. **Unespar-PR** – Dados os átomos: A (Z = 12), B (Z = 21), C (Z = 36) e D (Z = 52). Os átomos A, B, C e D correspondem, respectivamente, a

- metal alcalino, metal de transição, halogênio e calcogênio.
- metal alcalinoterroso, metal de transição, gás nobre e calcogênio.
- metal alcalino, halogênio, calcogênio e gás nobre.
- gás nobre, metal de transição, halogênio e calcogênio.
- gás nobre, metal alcalinoterroso, calcogênio e halogênio.

13. **USF-SP (adaptado)** – O tecnécio ( ${}_{43}^{98}\text{Tc}$ ) é um elemento artificial de alto índice de radioatividade. Suas principais aplicações estão voltadas principalmente para a produção de ligas metálicas e, em medicina nuclear, para a fabricação de radiofármacos.

Assinale a alternativa que indica a distribuição eletrônica por subníveis de energia.

- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^5$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^1 4d^6$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10}$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^8$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^3$

14. **UFRN (adaptado)** – A Lei Periódica e sua representação gráfica, a Tabela Periódica, são dois conhecimentos essenciais para a química e para os químicos. D. Mendeleev (1834-1907), em meados do século XIX, organizou os elementos conhecidos nessa época, aproximadamente 60, em ordem crescente de seus pesos atômicos, segundo as propriedades semelhantes, um abaixo do outro. Nessa organização, alguns espaços ficaram em branco, pois não eram conhecidos todos os elementos em questão, e Mendeleev previu a existência do elemento hoje conhecido como germânio, o qual

chamou de ekasilício, por estar na mesma coluna do silício. Posteriormente, esse elemento foi descoberto, e suas propriedades coincidiram com as previstas por Mendeleev. Hoje, a Tabela Periódica se organiza em função das estruturas atômicas dos átomos.

Assinale a alternativa que represente a distribuição eletrônica por subníveis para o átomo do elemento cloro ( ${}_{17}\text{Cl}$ ).

- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^6$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

### 15. UFJF-MG (adaptado)

#### CONSULTE A TABELA PERIÓDICA.

O dia 5 de novembro de 2015 foi marcado pela maior tragédia ambiental da história do Brasil, devido ao rompimento das barragens de rejeitos, provenientes da extração de minério de ferro na cidade de Mariana/MG. Laudos técnicos preliminares indicam uma possível presença de metais, como cromo, manganês, alumínio e ferro no rejeito.

Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias\\_ambientais/laudo\\_tecnico\\_preliminar.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf)>. Acesso em: 26 out. 2016.

- Qual o símbolo químico de cada um dos metais descritos anteriormente?
- Analisar a distribuição eletrônica mostrada a seguir. A qual elemento químico presente no rejeito ela pertence?




---



---



---



---



---

**16. EsPCEx-SP/Aman-RJ** – Quando um átomo, ou um grupo de átomos, perde a neutralidade elétrica, passa a ser denominado de íon. Sendo assim, o íon é formado quando o átomo (ou grupo de átomos) ganha ou perde elétrons. Logicamente, esse fato interfere na distribuição eletrônica da espécie química. Todavia, várias espécies químicas podem possuir a mesma distribuição eletrônica.

Considere as espécies químicas listadas na tabela a seguir:

| I                       | II                     | III                   | IV                      | V                       | VI                      |
|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ${}_{20}\text{Ca}^{2+}$ | ${}_{16}\text{S}^{2-}$ | ${}_{9}\text{F}^{1-}$ | ${}_{17}\text{Cl}^{1-}$ | ${}_{38}\text{Sr}^{2+}$ | ${}_{24}\text{Cr}^{3+}$ |

A distribuição eletrônica  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  (segundo o Diagrama de Linus Pauling) pode corresponder, apenas, à distribuição eletrônica das espécies

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

**17. Cefet-MG** – O elemento químico mais raro presente na superfície terrestre pertence ao grupo dos representativos. A previsão é que exista apenas cerca de 28 g desse elemento em toda a superfície da Terra, dificultando, assim, a definição das suas propriedades e características. A distribuição eletrônica abreviada desse elemento está representada a seguir, onde [Xe] corresponde à distribuição eletrônica do gás nobre xenônio:



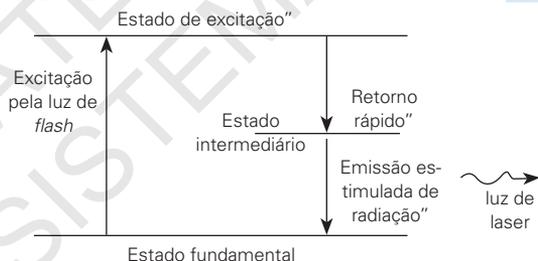
O elemento químico a que se refere o texto é o

- astato, At.
- polônio, Po.
- bismuto, Bi.
- chumbo, Pb.

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. Unit-SE

C7-H24



O laser é um equipamento que amplifica a luz por meio da emissão estimulada de radiação. No laser de neodímio,  ${}_{60}^{144}\text{Nd}$  elétrons de íons desse elemento químico são excitados por uma lâmpada tipo *flash*, como mostra a ilustração anterior. No retorno, esses elétrons ficam estacionados em um nível de energia intermediário, onde permanecem por alguns segundos. Por um artifício, são forçados a retornar simultaneamente para o estado fundamental, em um

processo denominado emissão estimulada de radiação. Por esse processo, pode-se obter um feixe de luz de alta intensidade e de frequência bem definida, chamado laser. Com base nessas considerações sobre o laser de neodímio, é correto afirmar:

- A excitação do átomo de neodímio transforma-o em íon  $\text{Nd}^{3+}$  de configuração eletrônica  $[\text{Xe}] 6s^2 4f^{14}$ .
- Ao retornar ao estado fundamental, os elétrons excitados emitem luz sob forma de energia eletromagnética.
- A luz emitida pelo laser de neodímio corresponde às linhas do espectro eletromagnético que identifica esse elemento químico.
- A excitação de elétrons caracteriza-se pela transição eletrônica de todos os elétrons do átomo para níveis de maior energia.
- Os íons  $\text{Ba}^{2+}$  excitados retornam rapidamente ao estado fundamental, em relação aos íons  $\text{Nd}^{3+}$  porque são menores que estes.

**19. UFPel-RS**

C5-H17

O excesso de radicais livres no organismo é prejudicial à saúde. Para tentar evitar isso, nossas células apresentam um sistema antioxidante enzimático. Uma das principais enzimas desse sistema depende de um elemento denominado de X.

Sabendo-se que o ânion  $X^{2-}$  tem a seguinte distribuição eletrônica:



é correto afirmar que o elemento X

- a) é um gás nobre do 4º período da classificação periódica dos elementos químicos.
- b) é um metal alcalinoterroso do 5º período da classificação periódica dos elementos químicos.
- c) é um metal de transição.
- d) tem oito elétrons na última camada.
- e) é um calcogênio do 4º período da classificação periódica dos elementos químicos.

**20. UFSM-RS**

C1-H3

Os portugueses introduziram hábitos que marcaram o paladar brasileiro: valorizaram o consumo do sal e revelaram o açúcar aos africanos e índios do Brasil. É de Portugal que

nossa cozinha adotou os doces de ovos, goiabada, marmelada, bananada, figada e outras “adas” que constituem o arsenal energético das sobremesas. Muitos desses doces eram produzidos em tachos de cobre, possibilitando, assim, um melhor aproveitamento e armazenamento das frutas. Atualmente, a produção desses alimentos ocorre em recipientes de aço inoxidável.

Universidade Federal de Brasília. *A contribuição dos portugueses*. ATAN/DAB/SPS/MS.

Sobre o cobre ( $Z = 29$ ), é correto afirmar:

- a) É um metal alcalino e está no quarto período, pois sua configuração eletrônica é  $1s^2 1p^6 2s^2 2p^8 3s^2 3p^8 4s^1$ .
- b) É um metal alcalinoterroso e está no terceiro período, pois sua configuração eletrônica é  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9 4s^2$ .
- c) É um elemento de transição interna e está no quarto período, pois sua configuração eletrônica é  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$ .
- d) É um metal de transição externa e está no quarto período, pois sua configuração eletrônica é  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$ .
- e) É um ametal da família dos calcogênios (“formadores de cobre”) e está no terceiro período, pois sua configuração eletrônica é  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$ .

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO  
SISTEMA DE ENSINO DOMESTICO

## 4

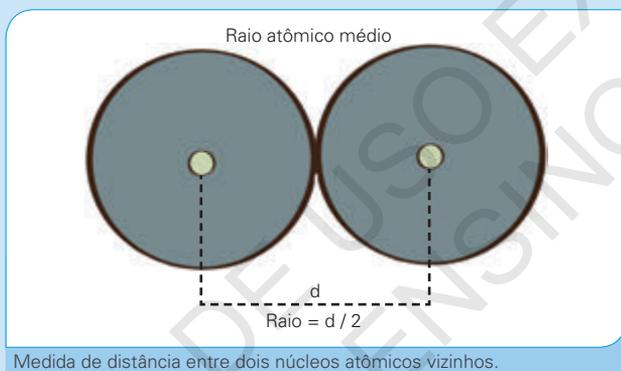
# PROPRIEDADES PERIÓDICAS

## Propriedades periódicas

São propriedades que se repetem regularmente à medida que o número atômico aumenta ou diminui. Avaliam-se comparativamente os elementos da Tabela Periódica tomando como referência ora os elementos situados em um mesmo período, ora os elementos de um mesmo grupo.

### RAIO ATÔMICO (RA)

Os cientistas desenvolveram métodos experimentais que permitem calcular a distância entre dois núcleos atômicos vizinhos na forma sólida, o que ajuda a estimar o tamanho dos raios atômicos. O raio atômico é a metade dessa distância. Observe o esquema a seguir:



### Varição na Tabela Periódica

Ao longo de um grupo, o raio atômico aumenta de cima para baixo, de acordo com o aumento do número de níveis de energia:

Maior número de níveis de energia → maior raio atômico

Em um período da Tabela, o raio atômico aumenta da direita para a esquerda, contrariando o aumento do número atômico. Esse fato se deve ao aumento da carga nuclear efetiva, ou seja, do aumento da força de atração do núcleo para com os elétrons.

Maior número de prótons (Z) → maior atração nuclear → menor raio atômico

Observe o esquema na Tabela Periódica:



- Propriedades periódicas
- Propriedades aperiódicas

### HABILIDADES

- Identificar as propriedades periódicas dos elementos.
- Interpretar tabelas e gráficos contendo dados relativos às propriedades dos elementos.
- Reconhecer variações das propriedades periódicas dos elementos.
- Relacionar as propriedades dos elementos químicos com sua posição na Tabela Periódica.
- Reconhecer variações das propriedades aperiódicas dos elementos.
- Analisar tabelas e gráficos contendo dados relativos às propriedades dos elementos.

## RAIO IÔNICO

Quando um átomo se transforma em íon (partícula eletrizada), perdendo ou ganhando elétrons, o seu raio muda significativamente.

### Raio do cátion

Quando um átomo perde elétrons, ocorre a perda do último nível de energia.

O raio de um cátion é menor que o raio do átomo de origem, porque a saída de um elétron diminui a repulsão entre os elétrons que ficam, permitindo-lhes maior aproximação em torno do núcleo.

raio do átomo > raio do cátion

### Raio do ânion

O raio de um ânion é maior que o raio do átomo de origem, porque a entrada de um elétron aumenta a repulsão de todos os demais, resultando o afastamento coletivo em relação ao núcleo.

raio do átomo < raio do ânion

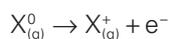
### Raio de íons isoeletrônicos

Íons isoeletrônicos são os que apresentam o mesmo número de elétrons, portanto o número de níveis de energia é igual. Assim, quanto maior for o número atômico, maior será a atração do núcleo pela eletrosfera e, conseqüentemente, menor será o raio. Observe a tabela a seguir.

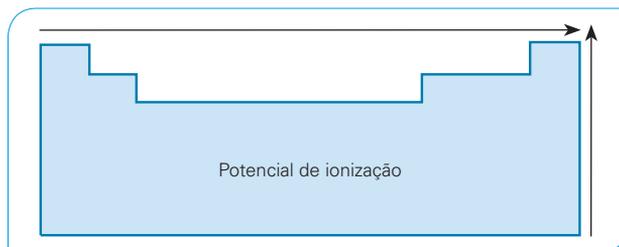
| ${}_{12}\text{Mg}^{2+}$                                 | ${}_{11}\text{Na}^+$ | ${}_{9}\text{F}^-$ |
|---|----------------------|--------------------|
| 12 prótons  | 11 prótons           | 9 prótons          |
| 10 elétrons   | 10 elétrons          | 10 elétrons        |
| $r_{\text{Mg}^{2+}} < r_{\text{Na}^+} < r_{\text{F}^-}$ |                      |                    |

## POTENCIAL OU ENERGIA DE IONIZAÇÃO (PI OU EI)

É a quantidade de energia necessária para retirar um elétron de um átomo no estado gasoso isolado, originando um íon positivo. O elétron mais facilmente removível é aquele menos firmemente preso ao núcleo, ou seja, o mais distante do núcleo (o de mais alta energia).

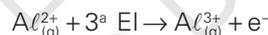
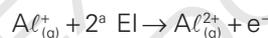


Como ocorre ganho de energia, trata-se de um processo endotérmico. Relacionando a energia de ionização com o raio atômico, verifica-se que são fatores inversamente proporcionais, ou seja: quanto menor for o raio do átomo, maior será a energia para ionizar o átomo.



Podem-se retirar vários elétrons existentes em uma eletrosfera, porém a energia necessária para arrancar o 2º elétron (segundo potencial de ionização) será maior que o 1º potencial de ionização, e assim sucessivamente.

### Exemplo



$1^{\text{a}} \text{EI} < 2^{\text{a}} \text{EI} < 3^{\text{a}} \text{EI} \lll 4^{\text{a}} \text{EI}$

O potencial de ionização, geralmente, é medido em Kcal/mol, mas pode também ser medido em algumas outras unidades, como elétron-volt (eV). A relação entre essas duas unidades é:

$1 \text{ eV} = 23,043 \text{ Kcal/mol de elétrons} = 96,476 \text{ kJ / mol}$

Observe o gráfico a seguir, que ilustra o comportamento da variação da energia de ionização em função do número atômico.



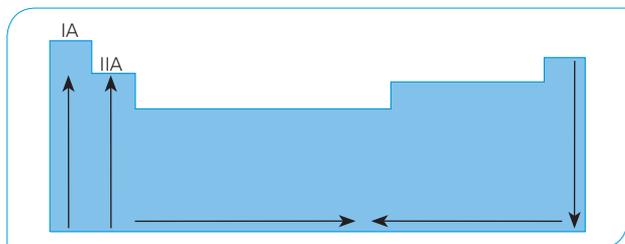
## TEMPERATURAS DE FUSÃO E EBULIÇÃO

As temperaturas de fusão e de ebulição são, respectivamente, as temperaturas nas quais o elemento passa do estado sólido para o estado líquido e do estado líquido para o estado gasoso. São diretamente proporcionais entre si.

Nas famílias, as temperaturas de fusão e ebulição aumentam de acordo com a densidade, pois quanto mais denso e compacto for o retículo cristalino, mais difícil será a separação dos átomos.

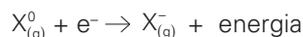
Nas famílias dos metais alcalinos e dos alcalinotérrosos, o crescimento é oposto ao das demais.

Nos períodos, as temperaturas de fusão e ebulição ocorrem diretamente proporcionais à densidade absoluta dos elementos, sugerindo que elementos mais densos apresentam seus átomos mais próximos uns dos outros e mais fortemente ligados entre si, o que exige maior energia para separá-los.

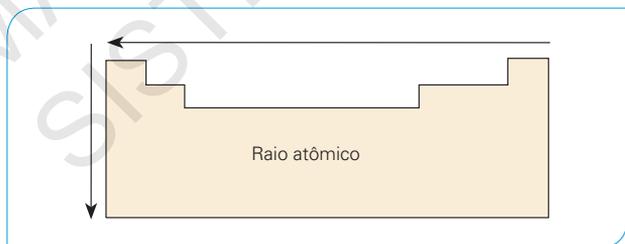


## AFINIDADE ELETRÔNICA OU ELETROAFINIDADE (AE)

É a energia liberada quando um elétron é adicionado a um átomo neutro isolado, no estado gasoso, formando um íon negativo.



É um processo exotérmico, visto que a entrada de elétrons evidencia um aumento da energia da eletrosfera, gerando instabilidade. Assim, relacionando a afinidade eletrônica com o raio atômico, verificamos que também são fatores inversamente proporcionais, portanto, quanto menor for o raio do átomo, maior será a afinidade eletrônica.



A eletroafinidade é diretamente proporcional ao potencial de ionização. Quanto maior for a dificuldade para retirar elétron de um átomo (PI), mais fortemente esse átomo prenderá um elétron recebido (AE).

## ELETRONEGATIVIDADE

É a tendência que o átomo possui de atrair o par eletrônico quando este realiza uma ligação química com outro átomo. É uma característica que depende inversamente do tamanho do átomo; assim, quanto menor for o raio do átomo, maior será a sua eletronegatividade.



Escala de eletronegatividade de Linus Pauling:



Essa capacidade de atração de elétrons é sempre maior nos não metais que nos metais.

Os valores da eletronegatividade de Pauling variam de 0,0 a 4,0.

Eletronegatividade

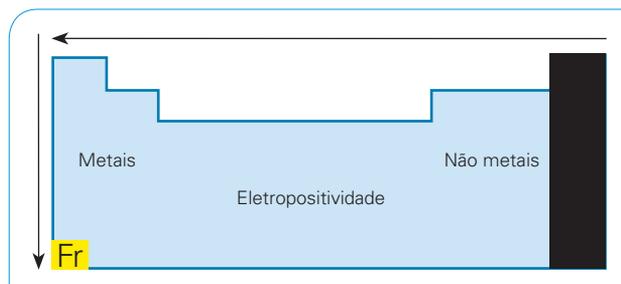
|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| H   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | He |
| 2,1 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |
| Li  | Be  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | B   | C   | N   | O   | F   | Ne |
| 1,0 | 1,6 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 |    |
| Na  | Mg  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Al  | Si  | P   | S   | Cl  | Ar |
| 0,9 | 1,2 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1,5 | 1,8 | 2,1 | 2,5 | 3,0 |    |
| K   | Ca  | Sc  | Ti  | V   | Cr  | Mn  | Fe  | Co  | Ni  | Cu  | Zn  | Ga  | Ge  | As  | Se  | Br  | Kr |
| 0,8 | 1,0 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,4 | 2,8 |     |    |
| Rb  | Sr  | Y   | Zr  | Nb  | Mo  | Tc  | Ru  | Rh  | Pd  | Ag  | Cd  | In  | Sn  | Sb  | Te  | I   | Xe |
| 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | 2,5 |    |
| Cs  | Ba  | La  | Hf  | Ta  | W   | Re  | Os  | Ir  | Pt  | Au  | Hg  | Tl  | Pb  | Bi  | Po  | At  | Rn |
| 0,7 | 0,9 | 1,0 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,4 | 1,9 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,1 |    |

Baixo Médio Alto

Valores de eletronegatividade de Pauling.

## ELETROPositividade OU CARÁTER METÁLICO

É uma propriedade periódica oposta à eletronegatividade, caracterizando-se pela tendência do átomo de ceder elétron. Também é conhecida como caráter metálico do átomo, sendo, portanto, dependente direta do tamanho do átomo, ou seja, quanto maior for o raio do átomo, maior será a sua eletropositividade.



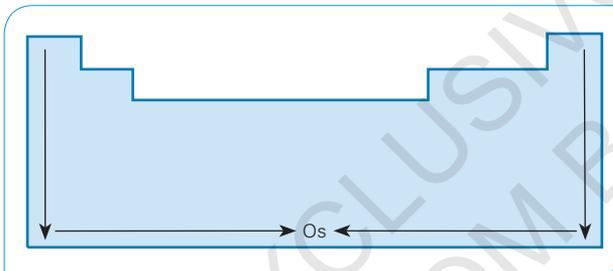
## DENSIDADE ABSOLUTA (MASSA ESPECÍFICA)

Densidade ( $d$ ) de um elemento é a razão entre sua massa ( $m$ ) e seu volume atômico ( $V$ ).

$$d = \frac{m}{V}$$

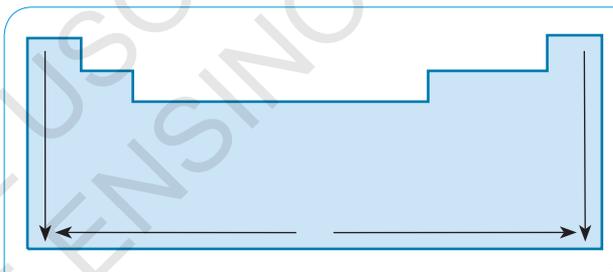
Conforme apresentado na equação, a densidade é diretamente proporcional à massa atômica e inversamente proporcional ao volume atômico. Na Tabela Periódica, nas famílias, a densidade aumenta de cima para baixo, pois, nesse sentido, a massa cresce mais que o volume.

Nos períodos, a densidade aumenta das extremidades para o centro, já que, quanto menor o volume, maior a densidade. A variação de massa, nos períodos, é muito pequena.



## VOLUME

O volume atômico é uma propriedade periódica que corresponde ao volume ocupado por 1 mol de átomos ( $6 \cdot 10^{23}$  átomos) de determinado elemento químico.



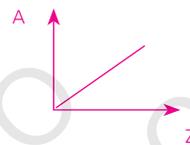
MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## ROTEIRO DE AULA

## Propriedades

Aperiódicas

Massa Calor específico



Raio atômico



Raio iônico

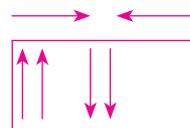
$$r_{\text{anion}} > r_{\text{neutro}} > r_{\text{cátion}}$$

Periódicas

Energia de ionização



Temperatura de fusão e de ebulição



MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

# ROTEIRO DE AULA

Propriedades

Periódicas

Afinidade eletrônica



Eletronegatividade



Eletropositividade



Densidade



Volume



## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **FDSBC-SP** – Considere os átomos Be, Mg e Ca que possuem os valores de raio atômico de 112, 160 e 197 pm, respectivamente.

Com base nesses valores e em suas localizações na Tabela Periódica, podemos afirmar que

- a) esses átomos possuem o mesmo número de camadas.  
 b) o átomo Ca é o mais eletronegativo.  
 c) a sequência Ca, Mg e Be representa a ordem crescente da primeira energia de ionização.  
 d) esses átomos possuem números diferentes de elétrons na última camada.

De acordo com os valores de raio atômico, temos: quanto menor o raio atômico (Be – 112 pm), maior é a energia de ionização, e quanto maior o raio atômico (Ca – 197 pm), menor é a energia de ionização.

2. **UEFS-BA** – A energia de ionização é uma propriedade periódica muito importante, pois está relacionada com a tendência que um átomo neutro possui de formar um cátion. Observe na tabela os valores de energias de ionização (E.I. em kJ/mol) para determinados elementos químicos.

| Elemento químico | 1ª E.I. | 2ª E.I. | 3ª E.I. |
|------------------|---------|---------|---------|
| X                | 520     | 7 297   | 11 810  |
| Y                | 900     | 1 757   | 14 840  |

Com base nas variações das energias de ionização apresentadas na tabela, analise as afirmativas e marque com **V** as verdadeiras e, com **F**, as falsas.

- ( ) X é um metal e possui 3 elétrons na camada de valência.  
 ( ) Y é um metal e possui 2 elétrons na camada de valência.  
 ( ) X pertence ao grupo 1 e Y, ao grupo 2 da Tabela Periódica, formando com o enxofre substâncias de fórmula molecular, respectivamente,  $X_2S$  e  $YS$ .  
 ( ) Se X e Y pertencem ao mesmo período da Tabela Periódica, com ambos no estado neutro, Y possui maior raio atômico que X.

A alternativa que contém a sequência correta, de cima para baixo, é a

- a) V – V – F – F  
 b) V – F – V – F  
 c) F – V – F – V  
 d) F – F – V – V  
 e) F – V – V – F

(F) X é um metal e possui 1 elétron na camada de valência.

(V) Y é um metal e possui 2 elétrons na camada de valência.

(V) X pertence ao grupo 1 e Y, ao grupo 2 da Tabela Periódica, formando com o enxofre substâncias de fórmula molecular, respectivamente,  $X_2S$  e  $YS$ .

(F) Se X e Y pertencem ao mesmo período da Tabela Periódica, com ambos no estado neutro, Y possui menor raio atômico que X.

3. **Unifacel-SP**

C5-H17

O suco detox, forma reduzida da palavra “detoxification”, é uma bebida consumida por muitas pessoas que visam ao emagrecimento ou ao consumo de alimentos saudáveis. Um dos ingredientes mais utilizados na preparação desse suco é a couve-manteiga, cujo valor nutricional para 100 g é apresentado a seguir:

|                           |                   | % VD* |
|---------------------------|-------------------|-------|
| valor energético          | 27,1kcal = 114 kJ | 1%    |
| carboidratos              | 4,3 g             | 1%    |
| proteínas                 | 2,9 g             | 4%    |
| gorduras saturadas        | 0,1 g             | 0%    |
| gorduras poli-insaturadas | 0,1 g             | -     |
| fibra alimentar           | 3,1 g             | 12%   |
| fibras solúveis           | 0,1 g             | -     |
| cálcio                    | 130,9 mg          | 13%   |
| vitamina C                | 96,7 mg           | 215%  |
| piridoxina B6             | 0,1 mg            | 8%    |
| fósforo                   | 48,7 mg           | 7%    |
| manganês                  | 1,0 mg            | 43%   |
| magnésio                  | 34,7 mg           | 13%   |
| lipídios                  | 0,6 g             | -     |
| ferro                     | 0,5 mg            | 4%    |
| potássio                  | 403,5 mg          | -     |
| cobre                     | 0,1 µg            | 0%    |
| zinco                     | 0,4 mg            | 6%    |
| niacina                   | 2,3 mg            | 13%   |
| tiamina B1                | 0,2 mg            | 14%   |
| riboflavina B2            | 0,3 mg            | 23%   |
| sódio                     | 6,2 mg            | 0%    |

\* % Valores diários com base em uma dieta de 2 000 kcal ou 8 400 kJ.

Disponível em: <www.tabelanutricional.com.br>.

Dentre os elementos químicos relacionados na tabela nutricional, aquele que é formado por átomos com maior raio atômico apresenta valor indicado de massa igual a

- a) 0,4 mg.  
 b) 34,7 mg.  
 c) 48,7 mg.  
 d) 130,9 mg.  
 e) 403,5 mg.

Os elementos citados são: sódio – Na – pertencentes ao terceiro período. Os outros elementos citados (Ca; P; Mn; Mg; Fe; K; Cu; Zn) são todos elementos pertencentes ao 4º período da Tabela Periódica. Portanto, o elemento que apresenta o maior raio atômico é o 19K, pois se encontra no quarto período e apresenta o menor número atômico desse período.

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

**4. UDESC** – O planeta B possui sua própria Tabela Periódica, sendo que uma parte dela está representada a seguir. As propriedades periódicas no planeta B seguem as mesmas tendências observadas na Terra.

|   |   |   |
|---|---|---|
| X | T |   |
| Z | A | D |
| Q | L |   |

Com base nas informações anteriores, analise as proposições.

- I. O elemento Z possui raio atômico maior que Q.
- II. A ordem de eletronegatividade no segundo período é  $Z < A < D$ .
- III. O elemento L possui uma eletronegatividade maior que T.
- IV. O maior raio atômico, nessa parte da Tabela Periódica, é o de Q.
- V. O elemento X é menos eletronegativo que T.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas II, IV e V estão corretas.
- b) Somente as afirmativas I, II e V estão corretas.
- c) Somente as afirmativas I, II, III e V estão corretas.
- d) Somente as afirmativas IV e V estão corretas.
- e) Somente a afirmativa IV está correta.

I) Incorreta. O elemento de maior raio é o Q.



II) Correta. A ordem de eletronegatividade no segundo período é:  $Z < A < D$ .



III) Incorreta. O elemento mais eletronegativo é o T, pelo seu posicionamento na Tabela.

IV) Correta. De acordo com o posicionamento na Tabela, o elemento de maior raio é o Q.

V) Correta. O elemento X é menos eletronegativo que T, pois está situado à sua esquerda na Tabela, e a eletronegatividade aumenta da esquerda para a direita nos períodos.

Assim, somente as afirmativas II, IV e V estão corretas.

**5. FCM-SP** – O ferro (Fe) é um elemento que faz parte da constituição de algumas ligas metálicas encontradas nas edificações e no nosso cotidiano. Na natureza, pode ser encontrado em minérios nas suas formas catiônicas,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$ . Com relação às espécies destacadas, analise as afirmativas a seguir.

- I. As espécies  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  apresentam diferentes quantidades de partículas positivas em seu núcleo.
- II. A espécie  $\text{Fe}^{2+}$  apresenta, na sua configuração eletrônica do estado fundamental, dois elétrons em sua camada de valência.
- III. O raio iônico do  $\text{Fe}^{2+}$  é maior que o raio iônico do  $\text{Fe}^{3+}$ .

Das afirmativas, está(ão) correta(s)

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

I) Incorreta. Os íons  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  apresentam a mesma quantidade de prótons, ou seja, a mesma quantidade de partículas positivas, variando o número de elétrons.

II) Incorreta. Em  $\text{Fe}^{2+}$ , esse 2+ faz referência à carga elétrica ( $\text{Fe}^0$  que perdeu dois elétrons), e não ao número de elétrons do elemento na camada de valência.

III) Correta. Quanto maior o número de elétrons perdidos (número que indica o cátion), maior a atração núcleo-elétron, pois os elétrons estão em quantidade inferior. Pense: são 26 prótons puxando 24 elétrons no caso do  $\text{Fe}^{2+}$  e 23 elétrons no caso do  $\text{Fe}^{3+}$ .

**6. UFSM-RS** – Considerando as propriedades periódicas, indique a alternativa correta.

- a) Para elementos de um mesmo período, a primeira energia de ionização é sempre maior que a segunda.
- b) Com o aumento do número de camadas, o raio atômico, em um mesmo grupo, diminui.
- c) Para íons de elementos representativos, o número do grupo coincide com o número de elétrons que o átomo possui no último nível.
- d) Os elementos com caráter metálico acentuado possuem grande afinidade eletrônica.
- e) Para elementos de um mesmo grupo, o volume atômico aumenta com o aumento do número.

a) Incorreta. Para elementos de um mesmo período, a primeira energia de ionização é sempre menor (e não maior) que a segunda.

b) Incorreta. Com o aumento do número de camadas, o raio atômico, em um mesmo grupo, aumenta (e não diminui).

c) Incorreta. Para íons de elementos representativos, o número do grupo não coincide sempre com o número de elétrons que o átomo possui no último nível. Por exemplo, os grupos 13, 14, 15, 16, 17 e 18 possuem, respectivamente, três, quatro, cinco, seis e sete elétrons no último nível.

d) Incorreta. Os elementos com caráter metálico acentuado estão mais à esquerda da Tabela Periódica, e a afinidade eletrônica ou eletroafinidade é uma propriedade periódica que cresce da esquerda para a direita. Portanto, a afinidade eletrônica deles é menor que a dos elementos não metálicos.

e) Correta



**11. UERJ (adaptado)** – Para que os fogos de artifício produzam cores diferentes, os fabricantes misturam à pólvora sais de alguns metais, como os da tabela a seguir.

| Metal                                | Coloração obtida |
|--------------------------------------|------------------|
| <b>bário</b>                         | verde            |
| <b>cálcio</b>                        | laranja          |
| <b>cobre</b>                         | azul             |
| <b>estrôncio ou lítio</b>            | vermelha         |
| <b>ferro</b>                         | dourada          |
| <b>sódio</b>                         | amarela          |
| <b>titânio, alumínio ou magnésio</b> | prateada         |

Considerando as informações da tabela anterior, identifique o metal alcalinoterroso responsável pela cor prateada e, em seguida, aponte a coloração obtida pelo metal que possui menor raio atômico.

---



---



---



---



---

**12. Acafe-SC** – Fundamentado nos conceitos químicos, analise as afirmações a seguir.

- I. O raio atômico do potássio (K) é menor que o raio atômico do arsênio (As).
- II. O raio atômico do carbono (C) é menor que o raio atômico do chumbo (Pb).
- III. A energia de ionização do bário (Ba) é menor que a energia de ionização do flúor (F).
- IV. O raio atômico do cátion  $\text{Na}^+$  é maior que o raio atômico do ânion  $\text{O}^{2-}$ .

Assinale a alternativa correta.

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

**13. UEAM (adaptado)** – Considere os elementos sódio, potássio, flúor e cloro e sua posição na classificação periódica. Coloque-os em ordem crescente de eletronegatividade.

---



---



---



---



---

**14. FPS-PE** – A Tabela Periódica dispõe os elementos químicos de forma sistemática e ordenada por seus números atômicos. Esse ordenamento mostra tendências periódicas, tais como reatividades similares na mesma família. A respeito da classificação periódica dos elementos, assinale a alternativa **incorreta**.

- a) Os halogênios são elementos que possuem sete elétrons na camada de valência.
- b) Um gás nobre possui raio atômico menor que de um calcogênio do mesmo período.
- c) Um elemento cuja distribuição eletrônica termina em subnível d é um elemento de transição.
- d) Entre os elementos do mesmo período, quanto maior o número atômico, maior o caráter metálico.
- e) Entre os elementos da mesma família, quanto maior o número atômico, menor a eletronegatividade.

**15. UECE** – Em 1839, o físico Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891), ao descobrir, experimentalmente, o efeito fotoelétrico, aos 19 anos de idade, jamais imaginou que estivesse criando um novo meio de captação de energia limpa. A energia solar incide sobre uma célula fotoelétrica, atingindo elétrons e produzindo eletricidade, que pode ser convertida em energia luminosa ou mecânica, por exemplo. Para garantir maior eficiência, o material usado na fabricação de uma célula fotoelétrica deve ter

- a) alta densidade.
- b) alta eletronegatividade.
- c) baixa temperatura de fusão.
- d) baixa energia de ionização.

**16. UFRJ (adaptado)** – Considere as espécies químicas apresentadas a seguir.



- a) Identifique, com o auxílio da Tabela Periódica, as espécies isoeletrônicas, apresentando-as em ordem decrescente de raio.

---



---



---



---



---

- b) Identifique, dentre as espécies químicas cujos elementos pertencem ao terceiro período, aquela que apresenta a maior eletronegatividade. Justifique sua resposta.

---



---



---



---

17. IFSul-RS – Com relação à classificação periódica dos elementos, afirma-se que o

- a) mercúrio é um ametal líquido à temperatura ambiente.  
 b) hidrogênio é um metal alcalino localizado na 1ª coluna.  
 c) potássio é o elemento mais eletropositivo do 4º período.  
 d) oxigênio é o elemento menos eletronegativo da 16ª coluna.

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. Enem

C5-H17

No ar que respiramos, existem os chamados “gases inertes”. Trazem curiosos nomes gregos, que significam “o Novo”, “o Oculto”, “o Inativo”. E de fato são de tal modo inertes, tão satisfeitos em sua condição, que não interferem em nenhuma reação química, não se combinam com nenhum outro elemento e justamente por esse motivo ficaram sem ser observados durante séculos: só em 1962, um químico, depois de longos e engenhosos esforços, conseguiu forçar “o Estrangeiro” (o xenônio) a combinar-se fugazmente com o flúor ávido e vivaz, e a façanha pareceu tão extraordinária que lhe foi conferido o Prêmio Nobel.

LEVI, P. *A Tabela Periódica*. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 1994. Adaptado.

Qual propriedade do flúor justifica sua escolha como reagente para o processo mencionado?

- a) Densidade  
 b) Condutância  
 c) Eletronegatividade  
 d) Estabilidade nuclear  
 e) Temperatura de ebulição

### 19. UEFS-BA

C5-H17

O espinafre é um vegetal rico em minerais e vitaminas. A tabela mostra as quantidades de alguns desses nutrientes para cada porção de 100 g desse vegetal.

| Mineral | mg  |
|---------|-----|
| K       | 356 |
| Ca      | 99  |
| Na      | 79  |
| Mg      | 49  |
| P       | 49  |

Os minerais cujos elementos químicos estão no mesmo período da classificação periódica devem apresentar a seguinte ordem crescente de eletronegatividade:

- a) Mg < Ca.  
 b) Ca < K.

- c) Na < Mg < P.  
 d) Mg < P < Na.  
 e) K < Na.

### 20. Faculdade Baiana de Direito-BA

C5-H17

Íons de potássio e de cálcio, utilizados como nutrientes, e íons escândio, usados para a germinação de sementes, são originários de átomos de elementos químicos constituintes de um mesmo período da Tabela Periódica. Apesar de apresentarem o mesmo número de níveis eletrônicos, esses elementos químicos possuem quantidades de elétrons, valores de raios atômicos e energias de ionização diferentes, conforme dados apresentados na tabela.

| Elemento químico           | Configuração eletrônica em ordem crescente de energia | Raio atômico (pm) | 1ª E.I. (kJ · mol <sup>-1</sup> ) | 2ª E.I. (kJ · mol <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------|---|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Potássio, <sub>19</sub> K  | [Ar] 4s <sup>1</sup>                                  | 186               | 419                               | 3 069                             |
| Cálcio, <sub>20</sub> Ca   | [Ar] 4s <sup>2</sup>                                  | 197               | 590                               | 1 145                             |
| Escândio, <sub>21</sub> Sc | [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup>                  | 144               | 631                               | 1 235                             |

Considerando-se essas informações, é correto afirmar:

- a) O primeiro elétron do átomo de escândio que deve ser removido para a formação do íon positivo é o do nível 3d.  
 b) A atração entre os prótons e os elétrons no átomo de cálcio é maior do que entre essas partículas no átomo de potássio.  
 c) A energia necessária para a retirada do terceiro elétron do nível de valência do átomo do escândio é menor do que 1 235 kJ · mol<sup>-1</sup>.  
 d) A energia absorvida na formação do cátion bivalente do cálcio é maior do que a necessária para a formação do íon potássio com carga 2+.  
 e) O cátion Ca<sup>2+</sup>, presente no cloreto de cálcio, CaCl<sub>2(s)</sub>, apresenta configuração eletrônica igual à do cátion Sc<sup>3+</sup>, no fluoreto de escândio, ScF<sub>3(s)</sub>.

# LIGAÇÃO IÔNICA, NÚMEROS QUÂNTICOS E HIBRIDIZAÇÃO

- Teoria do octeto
- Ligação iônica
- Orbitais atômicos
- Hibridização

## HABILIDADES

- Reconhecer as características de ligações iônicas, bem como suas anomalias.
- Usar os modelos atômicos para explicar as ligações químicas.
- Fazer previsões a respeito do tipo de ligação química entre dois elementos, considerando as suas posições na Tabela Periódica e as eletronegatividades.
- Definir o significado de cada um dos quatro números quânticos.
- Reconhecer os orbitais atômicos por meio dos três números quânticos que os descrevem.
- Estudo do conceito de hibridização do átomo de carbono.

São conhecidos e catalogados pelos estudiosos apenas 118 elementos químicos (naturais e artificiais) e mais de 18 milhões de substâncias químicas diferentes. Essas substâncias são formadas por **ligações químicas** existentes entre esses elementos. Na natureza, alguns elementos (os gases nobres) não se encontram ligados, estando no estado atômico isolado.

Isso levou os cientistas a concluir que os átomos de gases nobres possuem, em suas configurações eletrônicas, uma característica que lhes assegura estabilidade, e tal fato limita sua relação com outros átomos.

Ao estudar as eletrosferas dos átomos desses elementos, pôde-se verificar que, com exceção do hélio, o qual possui apenas dois elétrons, uma vez que a camada K comporta, no máximo, dois elétrons, todos os elementos do grupo apresentam oito elétrons na última camada eletrônica.

Dessa maneira, concluiu-se que a ligação química é sinônimo de estabilidade para os demais elementos químicos, que a encontram por meio de sua camada de valência, sendo esta a camada eletrônica mais externa e que pode receber, fornecer ou até mesmo compartilhar elétrons na união entre os átomos. Assim, a valência de um átomo corresponde ao número de ligações que ele precisa fazer para adquirir a configuração de um gás nobre.

Os átomos relacionam-se por meio da camada de valência. Com base nisso, os cientistas Lewis e Kossel definiram a conhecida **teoria ou regra do octeto**.

## Distribuição eletrônica dos gases nobres

| Gás nobre | K | L | M  | N  | O  | P |
|-----------|---|---|----|----|----|---|
| Hélio     | 2 |   |    |    |    |   |
| Neônio    | 2 | 8 |    |    |    |   |
| Argônio   | 2 | 8 | 8  |    |    |   |
| Criptônio | 2 | 8 | 18 | 8  |    |   |
| Xenônio   | 2 | 8 | 18 | 18 | 8  |   |
| Radônio   | 2 | 8 | 18 | 32 | 18 | 8 |

## Teoria do octeto

Teoria do octeto é enunciada da seguinte maneira: “Os átomos dos diferentes elementos estabelecem ligações doando, recebendo ou compartilhando elétrons, para adquirir uma configuração eletrônica igual à de um **gás nobre** no estado fundamental, ou seja, oito elétrons no nível de energia mais externo ou, então, dois elétrons se o nível mais externo for a camada K”.

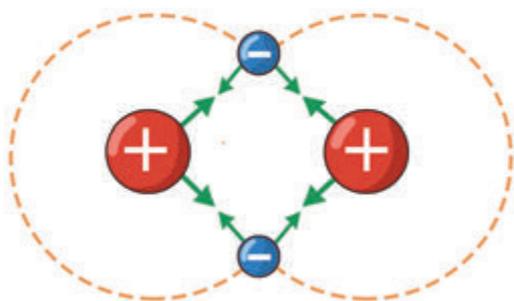
### Observação

A teoria do octeto é válida somente para os elementos representativos (grupo A da Tabela Periódica) do segundo e terceiro períodos, exceto o berílio e o boro. Ela é uma generalização importante, porém não é uma lei. Além de apresentar exceções, ela não explica a causa da estabilidade adquirida pelos átomos ao se ligarem.

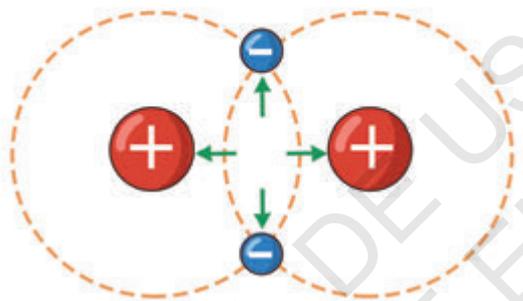
## Ligação iônica ou eletrovalente

É a ligação que se estabelece entre íons de cargas opostas, unidos por intensas **forças eletrostáticas**. Ocorre com **a transferência definitiva de elétrons** de um átomo para outro, formando cátions (íons positivos) e ânions (íons negativos), que se atraem mutuamente.

1. Atração entre as cargas positivas de um átomo e as cargas negativas de outro



2. Repulsão entre as cargas iguais dos dois átomos



As forças de atração e repulsão eletrostáticas dependem do tamanho e das cargas dos átomos.

A ligação iônica ocorre entre elementos que possuem grandes diferenças na eletronegatividade, formando agrupamentos de íons. Quanto maior a diferença de eletronegatividade entre os elementos participantes, maior o caráter iônico da ligação. A transferência de elétrons acontece entre:

**metal + não metal**

**metal + hidrogênio**

As ligações iônicas são mais usualmente encontradas em sólidos iônicos, que não possuem pares iônicos. Tais compostos são formados por empacotamentos estruturais regulares de um grande número de cátions e ânions, que se unem por meio das ligações iônicas.

O mecanismo de transferência de elétrons acontece de um elemento de baixa energia de ionização (metal) para um elemento de elevada afinidade eletrônica (não metal).

As ligações iônicas ocorrem, como regra geral, entre os elementos que tendem a perder elétrons (baixa eletronegatividade), os quais possuem um, dois ou três elétrons na camada de valência (metais), e os elementos que tendem a ganhar elétrons (alta eletronegatividade), que possuem cinco, seis ou sete elétrons na camada de valência (não metais).

**Metal**  $\Rightarrow$  menos de quatro elétrons na última camada. Doa elétrons; transforma-se em cátion (íon positivo).

**Não metal**  $\Rightarrow$  mais de quatro elétrons na última camada. Recebe elétrons; transforma-se em ânion (íon negativo).

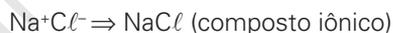
A transferência de elétron do metal para o não metal faz com que ocorra uma forte atração eletrostática entre os íons de cargas opostas (ligação iônica).

### Exemplos

1. Ligação química entre sódio ( ${}_{11}\text{Na}$ ) e cloro ( ${}_{17}\text{Cl}$ ):



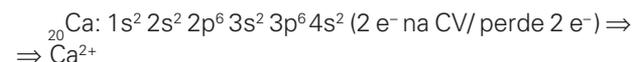
O átomo de sódio perde um elétron, enquanto o átomo de cloro ganha um elétron. Então, para que o total de elétrons perdidos seja igual ao total de elétrons ganhos, um átomo de sódio (perda de  $1\text{ e}^-$ ) liga-se a um átomo de cloro (ganho de  $1\text{ e}^-$ ).



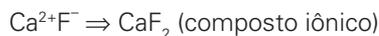
### Observação

Na representação da fórmula de um composto iônico, o cátion (+) sempre vem na frente do ânion (-).

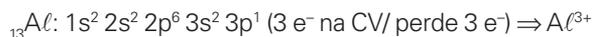
2. Ligação química entre cálcio ( ${}_{20}\text{Ca}$ ) e flúor ( ${}_{9}\text{F}$ ):



Cada átomo de cálcio perde dois elétrons, enquanto o átomo de flúor ganha um elétron. Então, para que o total de elétrons perdidos seja igual ao total de elétrons ganhos, um átomo de cálcio (perda de  $2\text{ e}^-$ ) liga-se a dois átomos de flúor (ganho de  $2\text{ e}^-$ ).



3. Ligação química entre oxigênio ( ${}_{8}\text{O}$ ) e alumínio ( ${}_{13}\text{Al}$ ):



Cada átomo de alumínio perde três elétrons, enquanto cada átomo de oxigênio ganha dois elétrons. Então, para que o total de elétrons perdidos seja igual ao total de elétrons ganhos, dois átomos de alumínio (perda de  $6\text{ e}^-$ ) ligam-se a três átomos de oxigênio (ganho de  $6\text{ e}^-$ ).



**IMPORTANTE!**

Os compostos iônicos são eletricamente neutros, ou seja, a soma total das cargas positivas é igual à soma total das cargas negativas.

**CUIDADO COM O HIDROGÊNIO!**

Nos compostos iônicos, o hidrogênio está ligado a um metal e é o receptor de elétrons. O hidrogênio não se estabiliza com oito elétrons na camada de valência, apenas com dois, com uma configuração eletrônica semelhante à do gás nobre hélio. Assim, em ligação iônica, o hidrogênio apresenta carga negativa.



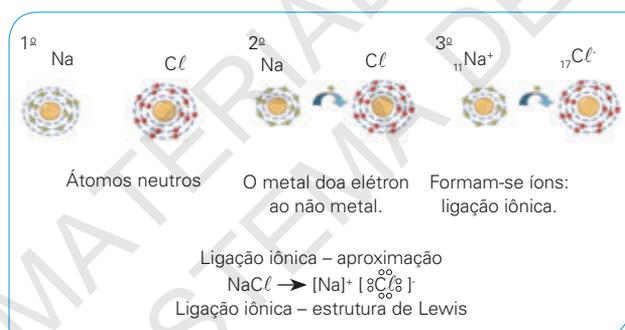
Apesar de estar localizado no grupo 1 da Tabela Periódica, o hidrogênio assemelha-se muito mais aos halogênios, pois, como eles, apresenta tendência a receber elétron. O hidrogênio não é um metal alcalino. O íon  $\text{H}^-$  é chamado de íon **hidreto**.

**COMPOSTO IÔNICO FORMADO COM O ÂNION HIDRETO**

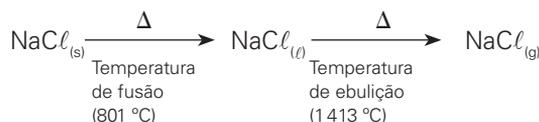
O hidreto de sódio é um composto iônico formado pelo cátion monovalente  $\text{Na}^+$  e pelo ânion, também monovalente,  $\text{H}^-$ . Essa ligação ocorre com a perda de um elétron do sódio, que é um metal alcalino (um elétron na camada de valência), e o recebimento do elétron por parte do hidrogênio:  $\text{Na}^+\text{H}^-$  ou simplesmente  $\text{NaH}$ .

**Fórmula eletrônica ou fórmula de Lewis**

Essa fórmula representa os elementos utilizando os elétrons do último nível (elétrons de valência), sendo que estes são representados por pontos.

**Características (propriedades) dos compostos iônicos**

- Nas condições ambientes (25 °C e 1 atm), são sólidos, duros e quebradiços.
- Possuem elevadas temperaturas de fusão e ebulição.



- São bons condutores de corrente elétrica quando fundidos ou em solução aquosa (por apresentarem íons livres), porém não conduzem corrente elétrica no estado sólido, uma vez que os íons estão presos ao retículo cristalino.
- Formam retículos cristalinos, que são arranjos ordenados cujos cátions e ânions estão dispostos para formar o composto iônico.

**Números quânticos e hibridização**

O modelo de Böhr era um modelo unidimensional que usava um único número quântico, **n**, para descrever uma órbita. A única informação importante era o tamanho da órbita, que foi descrito pelo número quântico. O modelo de Schrödinger permitiu que o elétron ocupasse o espaço tridimensional. Por isso, foram necessários três **números quânticos** para descrever os orbitais nos quais os elétrons podem ser encontrados.

**Orbitais atômicos (modelo quântico)**

Com o desenvolvimento da física quântica, os cientistas fizeram cálculos e experiências que os ajudaram a chegar ao modelo atômico quântico. Dentre os cientistas que contribuíram para essa nova visão do átomo e de sua eletrosfera estão:

- **Louis de Broglie:** princípio da dualidade (1924)  
O elétron pode comportar-se como partícula (massa) ou como onda, dependendo do fenômeno estudado.
- **Werner Heisenberg:** princípio da incerteza (1926)  
É impossível determinar, simultaneamente, com absoluta precisão, a velocidade e a posição de um elétron em um átomo, em razão do seu pequeno tamanho.
- **Erwin Schrödinger:** orbitais atômicos (1926)

Com base no princípio da incerteza de Heisenberg, a dificuldade de calcular com precisão a posição exata e a velocidade de um elétron levou o cientista Erwin Schrödinger a calcular a região onde haveria maior probabilidade de se encontrar o elétron. Essa região ficou conhecida como orbital.

Logo, **orbitais** são nuvens que correspondem às regiões em que é máxima a probabilidade de se encontrar um determinado elétron.

**REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA DOS ORBITAIS**

Os orbitais podem ser representados por  $\bigcirc$

A forma mais utilizada na sua representação é um  $\square$

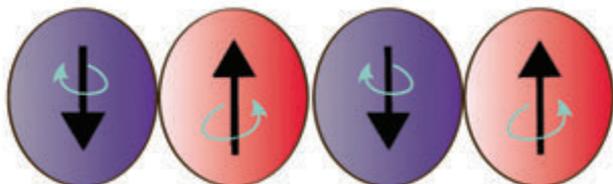
## DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA EM ORBITAIS

Essa distribuição deve ser feita de acordo com dois conceitos:

### Princípio da exclusão de Pauli

Em um orbital, existem no máximo dois elétrons, com *spins* opostos. O *spin* do elétron é o movimento de rotação ao redor de si próprio. Ele atua como um pião.

Observe a ilustração:



Isso significa que, no mesmo orbital, dois elétrons podem coexistir, desde que girem em sentidos opostos. Representam-se os elétrons com *spins* contrários. Representação de um orbital completo:  $\uparrow\downarrow$

### Regra de Hund

A disposição dos elétrons nos orbitais ocorre com o preenchimento de um elétron por orbital, seguindo a mesma orientação de *spin*. Após os orbitais semi-preenchidos, a adição dos demais elétrons ocorre com a orientação contrária ao *spin* do primeiro elétron. Representação gráfica dos elétrons distribuídos em orbitais **p** e **d**:

| p orbitais     |                      |                      | d orbitais      |                      |                      |                      |                      |                      |
|----------------|----------------------|----------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| p <sup>1</sup> | $\uparrow$           |                      | d <sup>4</sup>  | $\uparrow$           | $\uparrow$           | $\uparrow$           | $\uparrow$           |                      |
| p <sup>2</sup> | $\uparrow$           | $\uparrow$           | d <sup>5</sup>  | $\uparrow$           | $\uparrow$           | $\uparrow$           | $\uparrow$           | $\uparrow$           |
| p <sup>3</sup> | $\uparrow$           | $\uparrow$           | d <sup>6</sup>  | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow$           | $\uparrow$           | $\uparrow$           | $\uparrow$           |
| p <sup>4</sup> | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow$           | d <sup>7</sup>  | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow$           | $\uparrow$           | $\uparrow$           |
| p <sup>5</sup> | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ | d <sup>8</sup>  | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow$           | $\uparrow$           | $\uparrow$           |
| p <sup>6</sup> | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ | d <sup>9</sup>  | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow$           | $\uparrow$           |
|                |                      |                      | d <sup>10</sup> | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ | $\uparrow\downarrow$ |

## A IDENTIFICAÇÃO DO ELÉTRON

Números quânticos são códigos matemáticos que representam o estado de energia de cada elétron, ou seja, identificam o nível de energia do elétron, o subnível de energia, o orbital ocupado e seu *spin*. **O elétron de maior energia, chamado elétron de diferenciação, é o último elétron distribuído no preenchimento dos orbitais.**

A identificação do estado de energia de um elétron é feita por meio de quatro números quânticos, assim conhecidos:

### Número quântico principal (n)

Indica o nível de energia do elétron e, respectivamente, seu afastamento em relação ao núcleo. Como são conhecidos apenas sete níveis de energia para os elementos atuais, encontram-se os seguintes valores:

$$n = 1, 2, 3, \dots, 7$$

### Número quântico secundário ou azimutal ( $\ell$ )

Um nível de energia é constituído por subníveis de energia. O número quântico secundário ( $\ell$ ) define o formato do orbital e localiza o elétron no seu subnível de energia e apresenta um valor específico, conforme descrito a seguir.

Como atualmente são conhecidos quatro subníveis (**s**, **p**, **d** e **f**), há quatro valores para  $\ell$ :

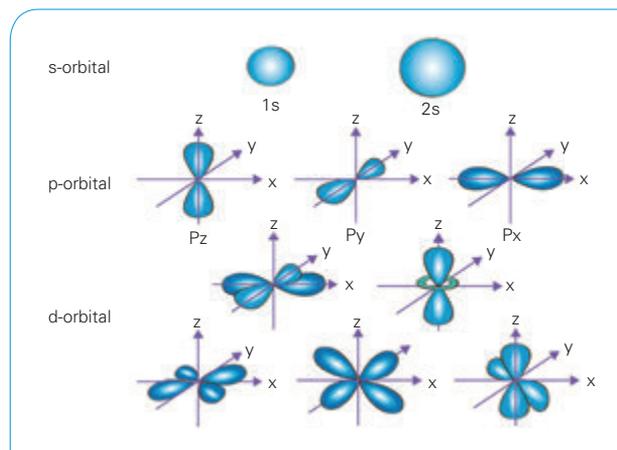
| Subnível          | s | p | d | f |
|-------------------|---|---|---|---|
| Valores de $\ell$ | 0 | 1 | 2 | 3 |

### Número quântico magnético (m ou m<sub>l</sub>)

Identifica o orbital (orientação espacial) do elétron e seus valores variam de acordo com o número de orbitais encontrados em cada subnível. Os orbitais estão relacionados com os subníveis; por esse motivo, os valores de  $m\ell$  variam de  $-\ell$  a  $+\ell$ .

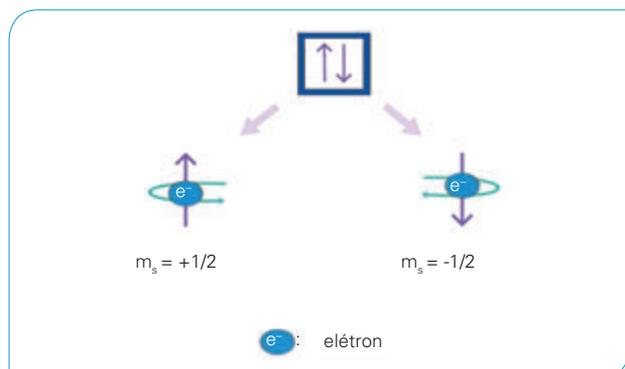
| Subníveis | nº de orbitais | nºs quânticos magnéticos |
|-----------|----------------|--------------------------|
| s         | 1              | 0                        |
| p         | 3              | -1 0 +1                  |
| d         | 5              | -2 -1 0 +1 +2            |
| f         | 7              | -3 -2 -1 0 +1 +2 +3      |

Especialmente, os orbitais **s**, **p** e **d** apresentam o seguinte aspecto:



## Número quântico *spin* (*s* ou $m_s$ )

Indica o movimento de rotação do elétron. Esse número quântico é utilizado para distinguir os elétrons de um mesmo orbital. A um deles atribui-se arbitrariamente o valor  $+1/2$  e, ao outro, o valor  $-1/2$ . É representado convencionalmente por:



### Observação

Não há convenção fixa para o número quântico de *spin*; o primeiro elétron do orbital pode ter spin  $+1/2$  ou  $-1/2$ .

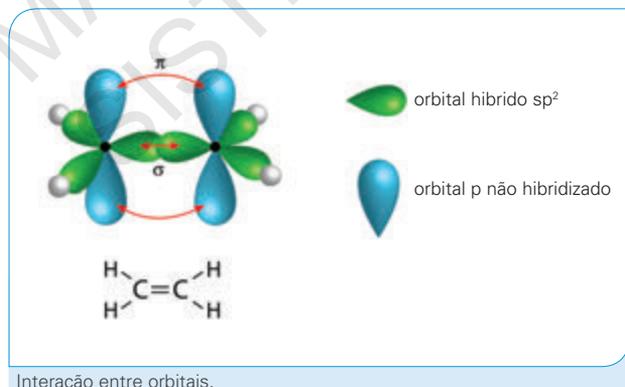
## HIBRIDIZAÇÃO

A teoria da hibridização foi inicialmente proposta por Linus Pauling para explicar a geometria dos compostos orgânicos. Acabou se tornando uma teoria extremamente valiosa e importante porque explica simultaneamente a geometria e a valência (que, por outras teorias, seria considerada anômala) não só do carbono e seus compostos, mas também dos outros elementos.

## ORBITAIS ATÔMICOS E MOLECULARES

Os elétrons são encontrados em regiões específicas da eletrosfera, denominadas orbitais. Sabe-se que em cada orbital da eletrosfera cabem no máximo dois elétrons e que um átomo, quando se liga a outro, utiliza o elétron existente no orbital semipreenchido de sua eletrosfera. Portanto, é comum interpretar a ligação covalente por meio de orbitais atômicos (OA) semipreenchidos, os quais contêm apenas um elétron.

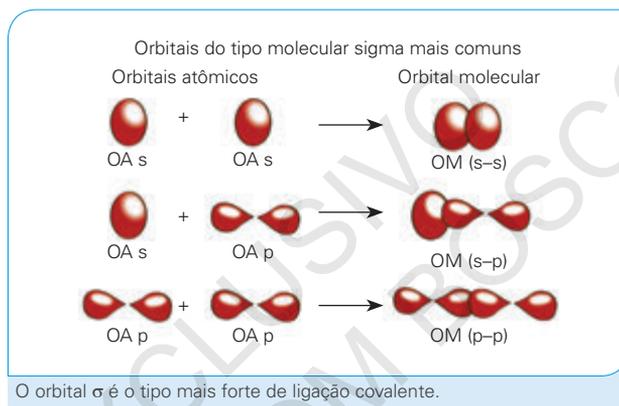
A ligação covalente entre dois orbitais semipreenchidos origina novos orbitais, chamados orbitais moleculares (OM). Os mais comuns são o **sigma** ( $\sigma$ ) e o **pi** ( $\pi$ ).



Interação entre orbitais.

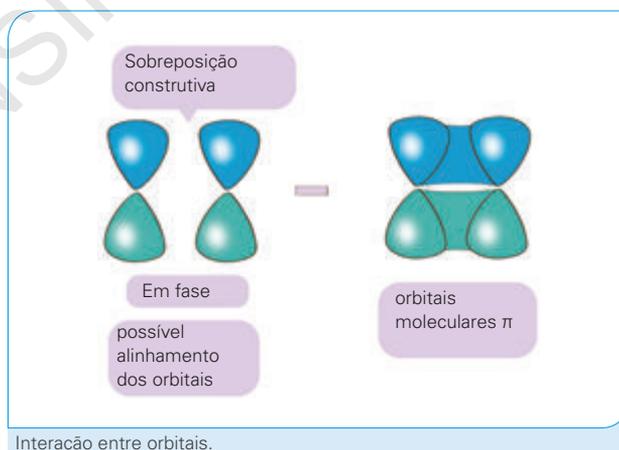
## Orbital molecular sigma ( $\sigma$ )

O orbital molecular  $\sigma$  é formado pela interpenetração num mesmo eixo de dois orbitais atômicos. É composto por dois orbitais do tipo **s**, dois orbitais do tipo **p** ou, ainda, um orbital do tipo **s** e um do tipo **p**. Há também as ligações sigma ( $\sigma$ ) entre orbitais hibridizados, os quais serão apresentados mais adiante. Em todo caso, as ligações simples são sempre ligações em orbital  $\sigma$ .



## Orbital molecular pi ( $\pi$ )

O orbital molecular  $\pi$  é formado pela interpenetração lateral de dois orbitais atômicos **p** paralelos ao longo do eixo equatorial ou setentrional do átomo. O orbital molecular **p** só se estabelece após ter formado um orbital molecular  $\sigma$  entre os átomos ligantes.



Interação entre orbitais.

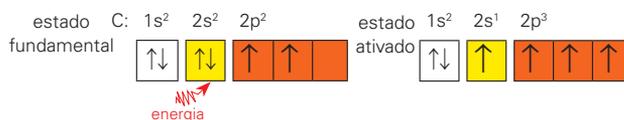
Assim, levando em consideração os orbitais moleculares  $\sigma$  e  $\pi$ , podem ocorrer as seguintes ligações covalentes entre os átomos genéricos **X** e **Y**:

- Ligação simples ( $X - Y$ )  $\Rightarrow$  apenas uma ligação  $\sigma$
- Ligação dupla ( $X = Y$ )  $\Rightarrow$  uma ligação  $\sigma$  e uma ligação  $\pi$
- Ligação tripla ( $X \equiv Y$ )  $\Rightarrow$  uma ligação  $\sigma$  e duas ligações  $\pi$

A ligação  $\pi$  é menos estável que a ligação  $\sigma$ . Por isso, quando ocorre a separação entre os átomos ligados por dupla ou tripla, a primeira ligação a ser rompida será a estabelecida no orbital molecular  $\pi$ . Somente depois, ocorre a ruptura da ligação no orbital molecular  $\sigma$ .

## HIBRIDIZAÇÃO

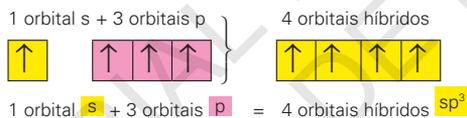
Fenômeno utilizado para justificar as ligações que um átomo efetua, e que não são possíveis justificar, levando em consideração apenas o estado fundamental desse átomo. A hibridação consiste no rearranjo espacial de orbitais, os quais passam a ser chamados **orbitais híbridos** ou **hibridizados**. Esse tipo de fenômeno só ocorre na camada de valência dos átomos e entre orbitais que possuem energias muito próximas. As mais comuns são aquelas que misturam orbitais dos tipos **s** e **p**. Para ilustrar esse fenômeno, tomemos como exemplo as hibridações dos orbitais **s** e **p** do carbono. O carbono ( $Z = 6$ ) apresenta um caso especial de hibridação porque é tetravalente, ou seja, realiza quatro ligações para atingir a estabilidade química. Acompanhe a análise da distribuição eletrônica do átomo de carbono no estado fundamental e no estado ativado:



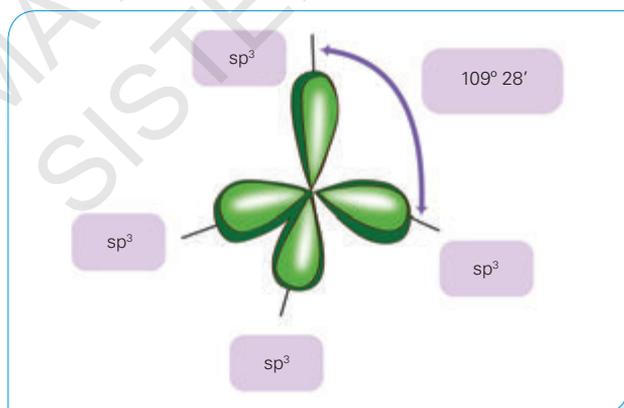
É possível perceber que há dois orbitais sempre preenchidos na distribuição eletrônica no estado fundamental e quatro orbitais sempre preenchidos na distribuição eletrônica no estado ativado. Quando o carbono realiza suas quatro ligações, ele as faz em seu estado ativado e pode ocorrer de quatro maneiras diferentes.

### Carbono com hibridação $sp^3$

Realiza quatro ligações simples com quatro átomos diferentes. Dessa maneira, ocorrem quatro ligações  $\sigma$ , as quais apresentam a mesma energia. Assim, o carbono terá hibridação do tipo  $sp^3$ , pois utilizará um orbital do tipo **s** e três orbitais do tipo **p**, (**s**,**s**,**p**,**p**).



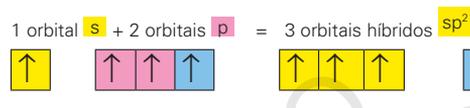
Nessa configuração, o átomo de carbono encontra-se no centro de um tetraedro, e os quatro ligantes, (H), localizam-se nos vértices da figura. O ângulo entre os ligantes é o mais estável e vale  $109^\circ 28'$ .



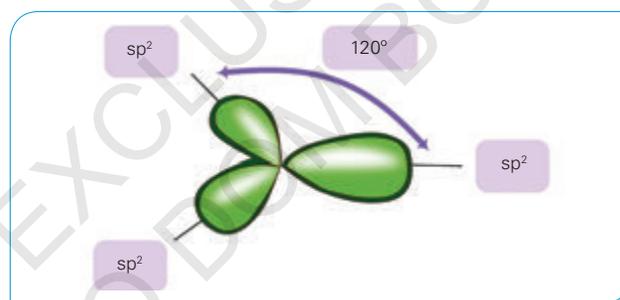
Quatro orbitais hibridizados  $sp^3$ .

### Carbono com hibridação $sp^2$

Realiza duas ligações simples e uma ligação dupla. Dessa maneira, ocorrem três ligações  $\sigma$  e uma ligação  $\pi$ . As três ligações  $\sigma$  apresentam a mesma energia, enquanto a ligação  $\pi$  apresenta uma energia um pouco maior. Assim, o carbono terá hibridação do tipo  $sp^2$ , pois utilizará um orbital do tipo **s** e dois orbitais do tipo **p**, (**s**,**p**,**p**). O terceiro orbital do tipo **p** não é hibridizado e realiza a ligação  $\pi$  entre os átomos.



Nessa configuração, o átomo de carbono encontra-se no centro de um triângulo equilátero e os três ligantes localizam-se nos vértices. O ângulo entre os ligantes é de  $120^\circ$ .



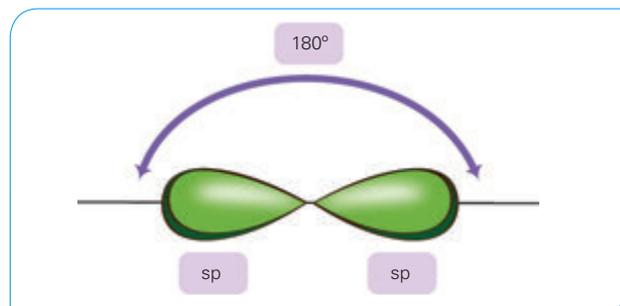
Estrutura trigonal plana dos orbitais híbridos  $sp^2$  do carbono.

### Carbono com hibridação $sp$

Nesse caso, o carbono pode realizar uma ligação simples e uma ligação tripla ou duas ligações duplas. De qualquer maneira, ocorrem duas ligações  $\sigma$  e duas ligações  $\pi$ . As duas ligações  $\sigma$  apresentam a mesma energia, enquanto as duas ligações  $\pi$  apresentam energias equivalentes e maiores que a energia das ligações  $\sigma$ . Assim, o carbono terá hibridação do tipo  $sp$ , pois utilizará apenas um orbital do tipo **s** e um orbital do tipo **p**, (**s**,**p**). O terceiro e o quarto orbitais do tipo **p** não são hibridizados e realizam as duas ligações  $\pi$  entre os átomos.



Nessa configuração, o átomo de carbono encontra-se ao longo de uma linha com os dois átomos ligantes em lados opostos do carbono. O ângulo entre os ligantes é  $180^\circ$ .

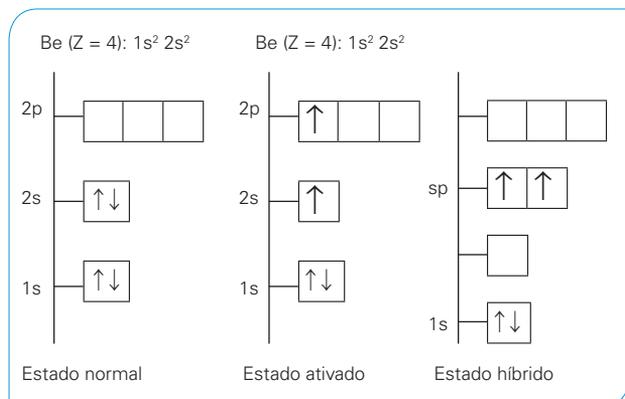


Estrutura linear dos híbridos  $sp$  do carbono.

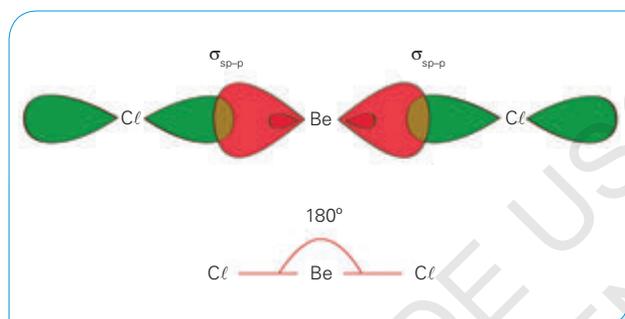
## CASOS ESPECIAIS DE HIBRIDIZAÇÃO

### Hibridação do átomo de berílio (Z = 4)

O átomo de berílio (Be) é divalente, ou seja, realiza duas ligações. Para justificar esse fato, ocorre hibridação do tipo **sp**.

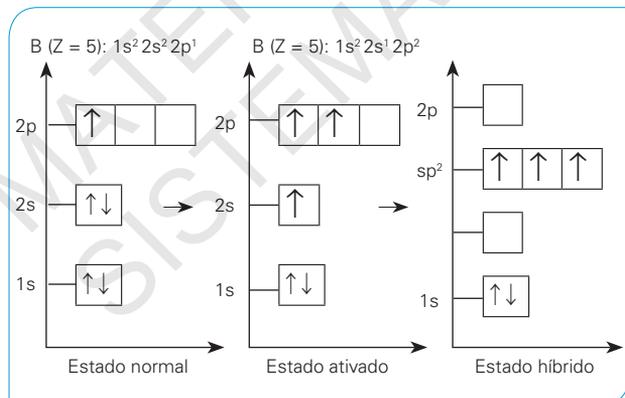


No espaço tridimensional, os orbitais moleculares híbridos **sp** do berílio dispõem-se em linhas, de maneira que o ângulo entre os ligantes é de  $180^\circ$ .

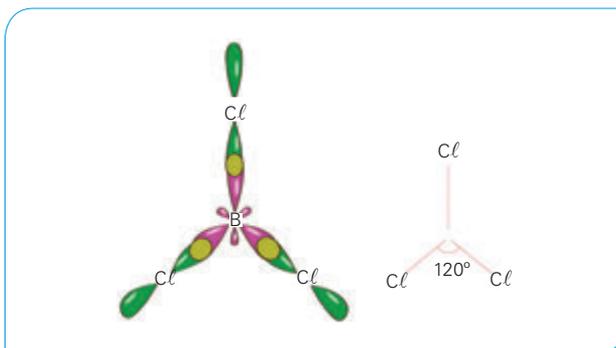


### Hibridação do átomo de boro (Z = 5)

O átomo de boro (B) é trivalente, ou seja, realiza três ligações. Para justificar esse fato, ocorre hibridação do tipo **sp<sup>2</sup>**.

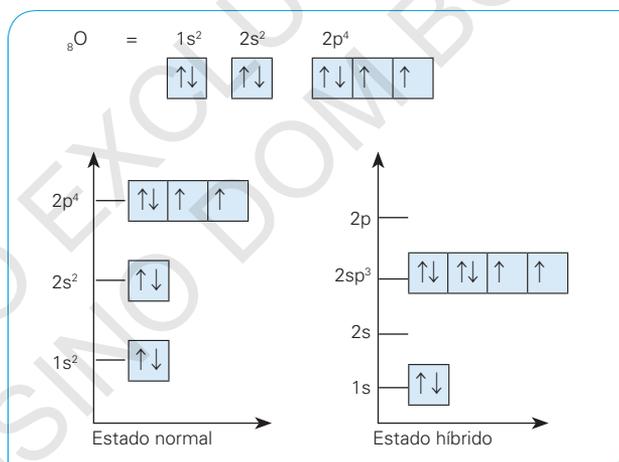


No espaço tridimensional, os orbitais moleculares híbridos **sp<sup>2</sup>** do boro dispõem-se de maneira a manter o boro no centro de um triângulo plano e os três ligantes localizados em seus vértices, num ângulo de  $120^\circ$ .

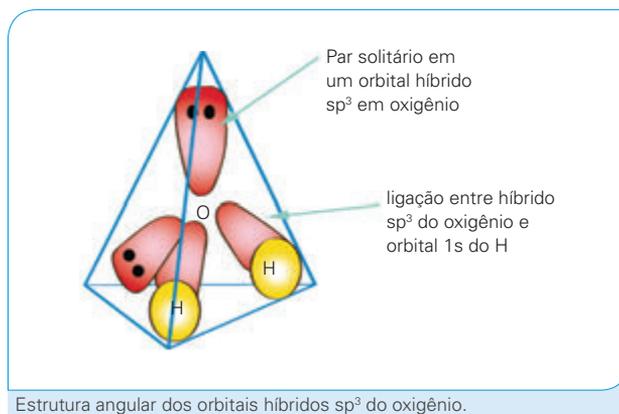


### Água (H<sub>2</sub>O) híbrida

O oxigênio na molécula de água pode apresentar-se na forma híbrida **sp<sup>3</sup>**. A hibridação denomina-se especial, por não acontecer a passagem pelo átomo ativado.

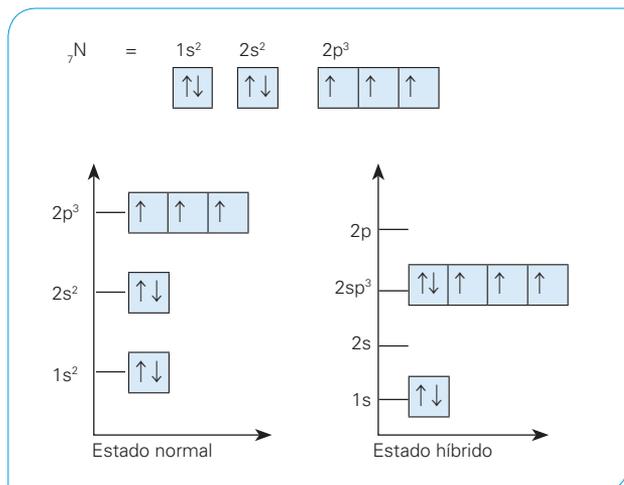


O ângulo entre os hidrogênios corresponde a  $104^\circ 30'$ , e a geometria é angular. A maneira mais comum de explicar a ocorrência do ângulo anormal ( $104^\circ 30'$ ) em vez do previsto ( $109^\circ 28'$ ), nesse tipo de hibridação, é pela repulsão dos orbitais completos do oxigênio.



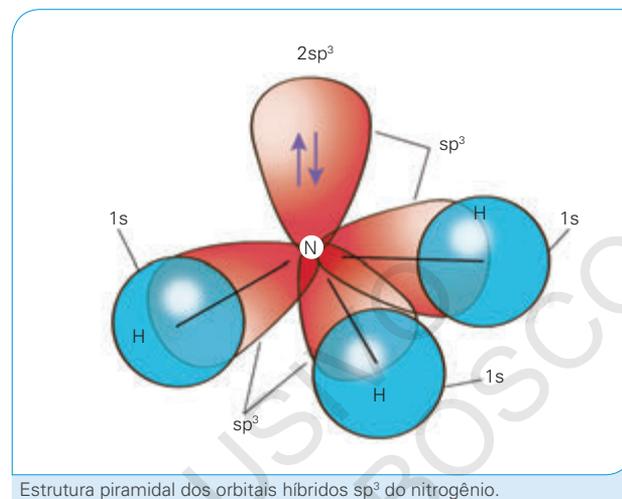
### Amônia (NH<sub>3</sub>) híbrida

O nitrogênio na molécula de amônia pode apresentar-se na forma híbrida **sp<sup>3</sup>**. A hibridação também se denomina especial, por não acontecer a passagem pelo átomo ativado.



O ângulo entre os hidrogênios corresponde a  $107^\circ 18'$ , e a geometria é piramidal. A maneira mais comum de explicar a ocorrência do ângulo anormal

( $107^\circ 18'$ ) em vez do previsto ( $109^\circ 28'$ ), nesse tipo de hibridação, é pela repulsão dos orbitais completos do nitrogênio.



MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

# ROTEIRO DE AULA

## LIGAÇÃO QUÍMICAS

### Regra do octeto

Os átomos adquirem configuração eletrônica de um gás nobre.

### Dois ou oito elétrons na camada de valência

Camada mais externa do átomo

### Ligação iônica

**Condição:**  
metal + não metal

**Formam:**  
compostos iônicos

### Propriedades

Formadores de retículos cristalinos

**Sólidos (25 °C)**

Quebradiços

**Opacos**

**Condutores de corrente elétrica quando:**

Elevadas TF e TE

estado líquido

solução aquosa

## ROTEIRO DE AULA

## NÚMEROS QUÂNTICOS E HIBRIDIZAÇÃO

## Números quânticos

Nº quântico

principal (n)

Informa o nº de camadas

Número quântico secundário (l)

Informa o subnível

Número quântico

magnético ( $m_l$ )

Informa o orbital em que o elétron está localizado

Número quântico spin ( $m_s$ )

Rotação do elétron

(horário ou anti-horário)

Elétron diferenciador (último elétron distribuído)

Escreva os quatro números quânticos para o elétron diferenciador do Fe

 $n = 3$  $l = 2$  $m_l = -2$  $m_s = -1/2$ 

## Hibridização

Mistura de orbitais

Carbono

 $sp^3$  $sp^2$  $sp$ 

Geometria tetraédrica

Geometria trigonal plana

Geometria linear

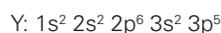
## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UDESC – O enunciado “Em um mesmo átomo, não podem existir dois elétrons com o mesmo conjunto de números quânticos” refere-se ao(a)

- a) Princípio da Exclusão de Pauling.  
 b) Princípio da Conservação de Energia.  
 c) modelo atômico de Thomson.  
 d) modelo atômico de Rutherford.  
 e) um dos Princípios da Teoria da Relatividade Restrita.

Princípio da Exclusão de Pauling: Como não podem existir dois elétrons num mesmo átomo que apresentem os mesmos estados energéticos, concluímos que todos os elétrons de um átomo são diferentes de algum modo.

2. UFRGS-RS – Os elementos X, Y e Z apresentam as seguintes configurações eletrônicas.



A respeito desses elementos, pode-se afirmar que

- a) X e Y tendem a formar ligação iônica.  
 b) Y e Z tendem a formar ligação covalente.  
 c) X não tende a fazer ligações nem com Y nem com Z.  
 d) dois átomos de X tendem a fazer ligação covalente entre si.  
 e) dois átomos de Z tendem a fazer ligação iônica entre si.



Metal alcalino



Halogênio



Gás nobre

X e Y tendem a formar ligação iônica (X<sup>+</sup>Y<sup>-</sup>).

## 3. Famerp-SP

C7-H25

O elemento estrôncio ocorre na natureza como componente de dois minerais: a estroncianita, SrCO<sub>3</sub> (massa molar 147,6 g/mol), e a celestita, SrSO<sub>4</sub> (massa molar 183,6 g/mol). Por meio desses minerais, são obtidos os sais de estrôncio, utilizados na pirotecnia para conferir a cor vermelho-carmim intensa a fogos de artifício.

Nos minerais estroncianita e celestita, o elemento estrôncio apresenta-se sob a forma de

- a) íons de carga 1+.  
 b) íons de carga 1-.  
 c) átomos neutros.  
 d) íons de carga 2+.  
 e) íons de carga 2-.

O estrôncio (Sr) apresenta carga igual a +2 nos compostos SrSO<sub>4</sub> e SrCO<sub>3</sub>.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

## 4. UFPB

C4-H14

O controle sobre a transformação da matéria culmina na obtenção de novos compostos e promove os avanços tecnológicos atuais. Isso é resultado da compreensão das teorias de ligações químicas, que permite esclarecer os aspectos referentes às interações entre orbitais atômicos, contemplando a orientação de orbitais que se misturam.

De acordo com as estruturas moleculares e considerando a hibridização do átomo central, identifique a alternativa que apresenta corretamente a hibridização e o correspondente tipo de ligação.

| Representação da estrutura molecular (modelo de “bolas”); | Hibridização      | Tipo de ligação |
|---|-------------------|-----------------|
| a)  | sp <sup>3</sup> d | σ e π           |
| b)  | sp <sup>3</sup>   | σ               |
| c)  | sp <sup>2</sup>   | σ e π           |
| d)  | sp                | σ e π           |
| e)  | sp <sup>3</sup>   | π               |

a) Incorreta. Hibridização sp<sup>3</sup> e ligações todas do tipo sigma.

b) Incorreta. Hibridização sp<sup>2</sup> e ligações todas do tipo sigma.

c) Correta.

d) Incorreta. Hibridização sp e ligações todas do tipo sigma.

e) Incorreta. Hibridização sp<sup>3</sup>d e ligações todas do tipo sigma.

**Competência:** Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

**Habilidade:** Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

**5. UFES (adaptado)** – A água ( $H_2O$ ) e o ácido sulfídrico ( $H_2S$ ) possuem algumas características em comum, por exemplo: os elementos oxigênio e enxofre pertencem à mesma família na Tabela Periódica; a molécula da água e a do ácido sulfídrico possuem a mesma geometria. Porém, a temperatura de fusão (T.F.) de cada um desses dois compostos ( $H_2O$  e  $H_2S$ ), nas CNTP, é distinta: T.F. ( $H_2O$ ) =  $0\text{ }^\circ\text{C}$  e T.F. ( $H_2S$ ) =  $-85\text{ }^\circ\text{C}$ .

Responda:

Considerando que o primeiro elétron a ser preenchido em um orbital possui *spin* negativo ( $m_s = -$ ) e que a distribuição eletrônica do elemento oxigênio é  $1s^2 2s^2 2p^4$ , descreva o conjunto dos quatro números quânticos para os quatro elétrons do subnível 2p.

Distribuição eletrônica do átomo de oxigênio no estado fundamental:

$1s^2 2s^2 2p^4$

$2p^4$

$\downarrow\uparrow \uparrow \downarrow$

-1 0 +1

Primeiro elétron:  $n = 2$ ;  $\ell = 1$ ;  $m_\ell = -1$ ;  $m_s = -1/2$

Segundo elétron:  $n = 2$ ;  $\ell = 1$ ;  $m_\ell = 0$ ;  $m_s = -1/2$

Terceiro elétron:  $n = 2$ ;  $\ell = 1$ ;  $m_\ell = +1$ ;  $m_s = -1/2$

Quarto elétron:  $n = 2$ ;  $\ell = 1$ ;  $m_\ell = -1$ ;  $m_s = +1/2$

## 6. UFPR

### Na onda do sódio

Eu sou o sódio,  
não tenho ódio.

Quando estou com a água,  
não guardo mágoa.  
Explodo de emoção,  
nessa reação.

Não esbanjo meu potencial,  
sou muito legal.

Minha família é a um,  
me dou bem com cada um.

Meu período é o terceiro,  
de quem eu sou parceiro.

Existe um halogênio especial,  
me ligo a todos, mas com o cloro...

Eu adoro!

Que união genial!

Me envolvo em muitas reações,  
com diferentes emoções.

Base, cátion, sal...

Eu sou mesmo radical!

Poema de autoria de equipe participante da Gincana de Química (2011) da Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <<http://www.quimica.ufc.br>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

Acerca das informações químicas do elemento sódio que podem ser extraídas do texto "Na onda do sódio", considere as seguintes afirmativas.

Dados: Na ( $Z = 11$ ); Cl ( $Z = 17$ )

- I. Da afirmativa "Minha família é a um", pode-se concluir que o sódio pertence à família I e, portanto, possui configuração eletrônica finalizada em  $ns^1$ .
- II. Da afirmativa "Meu período é o terceiro", interpreta-se que a configuração eletrônica é preenchida até o nível  $n = 3$ .
- III. O cloro é o "halogênio especial", pois é com o qual o sódio reage para formar o cloreto de sódio.
- IV. No sal de cloreto de sódio, a configuração eletrônica do cátion  $Na^+$  é preenchida até o nível  $n = 2$ , finalizando em  $2s^2 2p^6$ .

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa I está correta.
- b) Somente as afirmativas I e III estão corretas.
- c) Somente as afirmativas II e IV estão corretas.
- d) Somente as afirmativas II, III e IV estão corretas.
- e) Todas as afirmativas estão corretas.

Distribuição eletrônica do sódio e do cloro no estado fundamental:

$_{11}Na: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

$_{17}Cl: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

Distribuição eletrônica do sódio e do cloro na forma iônica:

$_{11}Na^+: 1s^2 2s^2 2p^6$

$_{17}Cl^-: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

O elemento sódio está no 3º período e no grupo 1 ou IA da Tabela Periódica.

$Na^+Cl^- \rightarrow NaCl$  (composto iônico)

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. Especex/Aman-RJ (adaptado)** – Compostos iônicos são aqueles que apresentam ligação iônica, a qual consiste na ligação entre íons positivos e negativos, unidos por forças de atração eletrostática.

Sobre os compostos iônicos, quanto a suas propriedades e características, são feitas as seguintes afirmativas.

- I. Apresentam brilho metálico.
- II. Apresentam elevadas temperaturas de fusão e ebulição.
- III. Apresentam boa condutibilidade elétrica quando em solução aquosa.
- IV. São sólidos nas condições ambientes (25 °C e 1 atm).
- V. São pouco solúveis em solventes polares como a água.

Julgue as afirmativas anteriores e justifique sua resposta.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**8. UNESP** – Três substâncias puras, X, Y e Z, tiveram suas condutividades elétricas testadas, tanto no estado sólido como no estado líquido, e os dados obtidos encontram-se resumidos na tabela.

| Substância | Conduz corrente elétrica no estado |         |
|------------|------------------------------------|---------|
|            | sólido                             | líquido |
| X          | Sim                                | Sim     |
| Y          | Não                                | Sim     |
| Z          | Não                                | Não     |

Com base nessas informações, é correto classificar como substância(s) iônica(s)

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

**9. UFRGS-RS (adaptado)** – Os elementos X, Y e Z apresentam as seguintes configurações eletrônicas.

X:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

Y:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

Z:  $1s^2 2s^2 2p^6$

A respeito desses elementos, pode-se afirmar que

- a) X e Y tendem a formar ligação iônica.
- b) Y e Z não tendem a formar ligação iônica.
- c) X não tende a fazer ligações nem com Y nem com Z.
- d) X e Y tendem a formar composto do tipo  $X_3Y$ .
- e) dois átomos de Z tendem a fazer ligação iônica entre si.

**10. UEMA** – O primeiro postuladado de Kekulé afirma que o carbono é tetravalente, ou seja, tem quatro valências livres e assim pode fazer quatro ligações covalentes. Por outro lado, a distribuição eletrônica do carbono, no estado fundamental, mostra que ele é bivalente ( $1s^2 2s^2 2p^2$ ).

- a) Que processo necessário deve ocorrer para que o carbono atenda ao primeiro postuladado de Kekulé?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- b) Explique esse processo.



Considerando as informações da tabela anterior, identifique o metal alcalinoterroso responsável pela cor prateada e apresente a fórmula mínima do cloreto formado por esse elemento.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

16. Cefet-MG – Na tabela a seguir, estão representadas as energias de ionização de dois elementos X e Y pertencentes ao segundo período do quadro periódico.

| Elementos | Energias de ionização (eV) |      |       |      |       |       |       |       |
|-----------|----------------------------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
|           | 1ª                         | 2ª   | 3ª    | 4ª   | 5ª    | 6ª    | 7ª    | 8ª    |
| X         | 5,4                        | 75,6 | 122,4 |      |       |       |       |       |
| Y         | 13,6                       | 35,2 | 54,9  | 77,4 | 113,9 | 138,1 | 739,1 | 871,1 |

A ligação entre X e Y forma uma substância \_\_\_\_\_ de fórmula \_\_\_\_\_.

Os termos que completam, corretamente, as lacunas são

- iónica;  $X_2Y$  e elevada temperatura de fusão.
- simples;  $X_2Y$  e insolúvel em solventes orgânicos.
- metálica;  $XY_2$  e alta capacidade de conduzir calor.
- molecular;  $XY_2$  e capaz de realizar ligações de hidrogênio.
- composta;  $X_2Y_2$  e condutora de corrente elétrica em solução aquosa.

17. UCPEL-RS – Um átomo X da família IIA e outro átomo Y da família VIIA formarão um composto

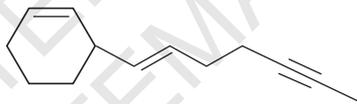
- molecular de fórmula  $X_2Y$ .
- iónico de fórmula  $X_2Y$ .
- molecular de fórmula  $XY_2$ .
- iónico de fórmula  $XY_2$ .
- iónico de fórmula  $XY$ .

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. Enem

C7-H24

O hidrocarboneto representado pela estrutura química a seguir pode ser isolado por meio de folhas ou flores de determinadas plantas. Além disso, sua função é relacionada, entre outros fatores, a seu perfil de insaturações.



Considerando esse perfil específico, quantas ligações  $\pi$  a molécula contém?

- 1
- 2
- 4
- 6
- 7

### 19. IFSul

C7-H24

Considere que os átomos dos elementos X e Z apresentam, respectivamente, os seguintes conjuntos de números quânticos para seus elétrons de diferenciação:

Átomo X:  $n = 4$ ;  $\ell = 0$ ;  $m_\ell = 0$ ;  $m_s = +1/2$

Átomo Z:  $n = 5$ ;  $\ell = 1$ ;  $m_\ell = 0$ ;  $m_s = +1/2$

(Convenção do spin do 1º elétron =  $-1/2$ )

Qual é a afirmativa correta?

- O elemento X é um metal alcalino, e o elemento Z é um gás nobre.
- Os números atômicos dos elementos X e Z são, respectivamente, 30 e 51.
- O elemento X possui 2 elétrons de valência, e o Z possui 5 elétrons.
- A fórmula do composto formado por átomos de X e Z é  $XZ_2$ .
- O número atômico do elemento Z é 12.

### 20. UEA-AM

C7-H24

O mineral fluorita é constituído por fluoreto de cálcio, substância iônica formada por íons de cálcio e íons de flúor unidos, respectivamente, na proporção de

Dados: F ( $Z = 9$ ); Ca ( $Z = 20$ )

- 1 : 1.
- 1 : 2.
- 2 : 1.
- 2 : 3.
- 3 : 2.

# LIGAÇÕES COVALENTES

## 6

### A ligação covalente ou molecular

A ligação covalente ocorre quando os átomos apresentam elevada eletronegatividade e grande tendência de ganhar elétrons. Como também vão apresentar elevada energia de ionização, não haverá transferência de elétrons de um átomo para outro, mas sim o compartilhamento (ligação covalente normal) ou empréstimo (ligação covalente coordenada ou dativa) do par eletrônico entre eles. O par de elétrons está localizado na região entre os átomos envolvidos. Quando os elementos químicos se organizam em ligações covalentes, o composto é denominado **molecular** (formação de moléculas).

As ligações covalentes ocorrem entre:

não metal e não metal

não metal e hidrogênio

hidrogênio e hidrogênio

### Ligação covalente comum

Há dois tipos principais de ligações covalentes: **sigma ( $\sigma$ )** e **pi ( $\pi$ )**.

Classificação das ligações covalentes, de acordo com o número de pares de elétrons compartilhados:

| Classificação | Número de pares de elétrons compartilhados | Exemplo |
|---------------|--|---------|
| Simples       | 1 par                                      | X—X     |
| Dupla         | 2 pares                                    | X=O     |
| Tripla        | 3 pares                                    | X≡N     |

A ligação covalente pode ser simples, dupla ou tripla.

Na ligação simples, ocorre apenas uma ligação do tipo sigma ( $\sigma$ ). Já na ligação dupla, ocorre uma ligação tipo sigma ( $\sigma$ ) e outra do tipo pi ( $\pi$ ). Na ligação tripla, ocorre uma ligação do tipo sigma ( $\sigma$ ) e duas do tipo pi ( $\pi$ ). Os compostos moleculares podem ser representados de três maneiras diferentes:

- A fórmula eletrônica (fórmula de Lewis) representa os elétrons da camada de valência dos átomos envolvidos na ligação e a formação dos pares eletrônicos.
- A fórmula estrutural representa cada par eletrônico por um traço.
- A fórmula molecular representa a quantidade de cada átomo no composto.

- Ligação covalente
- Ligação covalente comum
- Exceções à Regra do Octeto
- Características dos compostos moleculares
- Ligação covalente coordenada (dativa)
- Regras práticas e principais casos envolvendo a ligação coordenada (dativa)
- Características dos compostos moleculares

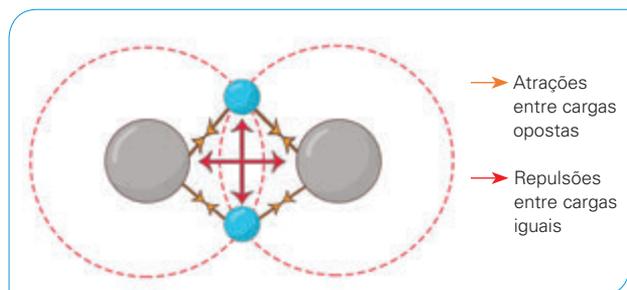
#### HABILIDADES

- Reconhecer as características de ligações covalentes normais bem como suas anomalias.
- Usar os modelos atômicos para explicar as ligações químicas covalentes.
- Fazer previsões a respeito do tipo de ligação química entre dois elementos, considerando as suas posições na Tabela Periódica e as eletronegatividades.
- Identificar compostos moleculares por suas fórmulas.
- Caracterizar os modelos de ligações químicas para identificar as substâncias como moleculares.
- Reconhecer as características de ligações covalentes coordenadas.
- Usar os modelos atômicos para explicar as ligações químicas coordenadas.

Na ligação covalente normal ou simples, quando dois ou mais átomos se unem para formar uma molécula, eles distribuem seus elétrons periféricos de maneira que, compartilhando mutuamente um ou mais pares de elétrons, em que cada elétron provém de um dos átomos, estes possam adquirir a configuração eletrônica dos gases nobres que lhes são mais próximos na Tabela Periódica.

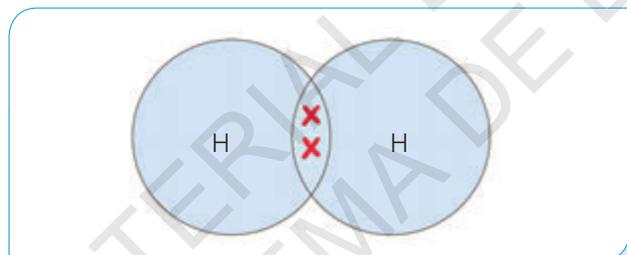
Assim, na molécula de hidrogênio ( $H_2$ ), cuja distribuição eletrônica é  $1H - 1s^1$ , falta um elétron para que a camada K de cada átomo de hidrogênio fique completa (com dois elétrons).

Os dois núcleos carregados positivamente repelem-se mutuamente, assim como os dois elétrons carregados negativamente, enquanto os núcleos e os elétrons atraem-se, como mostrado na figura:



Como resultado do balanço entre as forças de atração (elétrons-núcleos) e as de repulsão (elétron-elétron e núcleo-núcleo), há energias de estabilização elevadas para as interações entre os átomos unidos por esse tipo de interação.

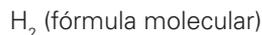
Os dois átomos de hidrogênio, por exemplo, unem-se, formando um par eletrônico comum a eles (compartilhamento).



Fórmula de Lewis. A união de átomos de hidrogênio é um jogo de forças opostas que resulta em equilíbrio.

Desse modo, cada átomo de hidrogênio adquire a estrutura do gás nobre hélio (He).

Quando o par compartilhado é representado por um traço (—), que consiste na **ligação covalente simples, tipo sigma ( $\sigma$ )**, temos a chamada fórmula estrutural. Veja o exemplo:

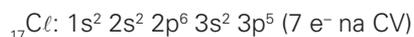
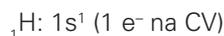


Seguindo a mesma linha de raciocínio, veja outros exemplos.

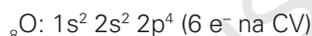
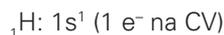
- 1.  $F_2$  (fórmula molecular do gás flúor)



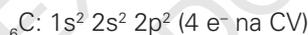
- 2.  $HCl$  (fórmula molecular do cloreto de hidrogênio)



- 3.  $H_2O$  (fórmula molecular da água)

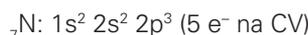


- 4.  $CO_2$  (fórmula molecular do gás carbônico)



De acordo com o ilustrado anteriormente, cada oxigênio atinge um octeto de elétrons compartilhando dois pares de elétrons com o carbono. O carbono, por sua vez, atinge um octeto de elétrons compartilhando dois pares com dois átomos de oxigênio. Portanto, temos **ligação dupla (1 sigma –  $\sigma$  e 1 pi –  $\pi$ )**.

- 5.  $N_2$  (fórmula molecular do gás nitrogênio)



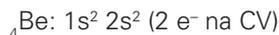
Uma **ligação tripla (1 sigma –  $\sigma$  e 2 pi –  $\pi$ )** corresponde ao compartilhamento de três pares de elétrons, como ocorre na molécula de  $N_2$ .

## Exceções à Regra do Octeto

A Regra do Octeto é extremamente útil e explica grande parte das ocorrências das ligações químicas; contudo, apresenta algumas limitações em algumas situações que envolvem as ligações covalentes. Por exemplo, alguns **elementos representativos** adquirem estabilidade sem obedecer à teoria do octeto, ou seja, apresentando deficiência eletrônica. Essa anomalia ocorre no berílio ( ${}_{4}Be$ ), que fica estável com 4 elétrons na camada de valência, e no boro ( ${}_{5}B$ ), que se estabiliza com 6 elétrons na camada de valência.

Veja os exemplos:

- 1.  $\text{BeCl}_2$  (apesar de o berílio ser um metal alcalinoterroso, ele estabelece ligação covalente com o cloro no cloreto de berílio.)



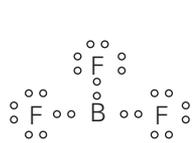
Fórmula de Lewis



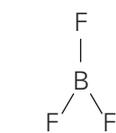
Fórmula estrutural

Existem apenas quatro elétrons ao redor do átomo de berílio.

- 2.  $\text{BF}_3$  (trifluoreto de boro)



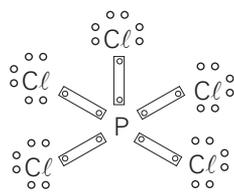
Fórmula de Lewis



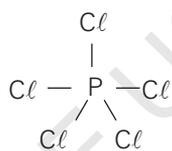
Fórmula estrutural

Existem apenas seis elétrons ao redor do átomo de boro.

Em alguns compostos, o fósforo estabiliza-se com dez elétrons na camada de valência.



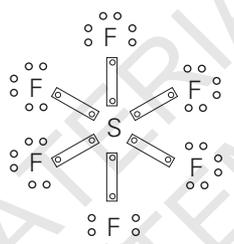
Fórmula de Lewis



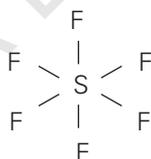
Fórmula estrutural

 $\text{PCl}_5$ 

Em alguns compostos, o enxofre estabiliza-se com doze elétrons na camada de valência.



Fórmula de Lewis



Fórmula estrutural

 $\text{SF}_6$ 

## Características dos compostos moleculares

Os compostos moleculares:

- podem ser encontrados nos estados sólidos, líquidos ou gasosos na temperatura ambiente;
- apresentam baixas temperaturas de fusão e de ebulição se comparados com os compostos iônicos, isto é, não resistem ao calor;

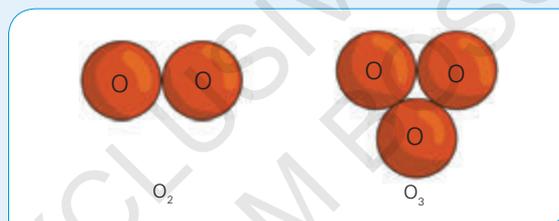
- possuem baixa condução de corrente elétrica quando puros (exceto grafite); porém alguns ácidos fortes, em meio aquoso, sofrem ionização (formam íons), tornando a solução condutora de corrente elétrica.

### LEITURA COMPLEMENTAR

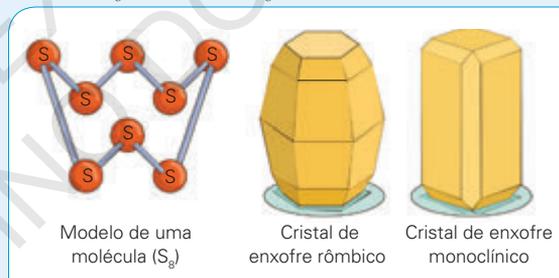
#### ALOTROPIA

Propriedade em que o mesmo elemento químico pode formar duas ou mais substâncias simples diferentes. As variedades alotrópicas são formadas pelo mesmo elemento, podendo apresentar atomicidade diferente ou, ainda, arranjo dos átomos no retículo cristalino diferente.

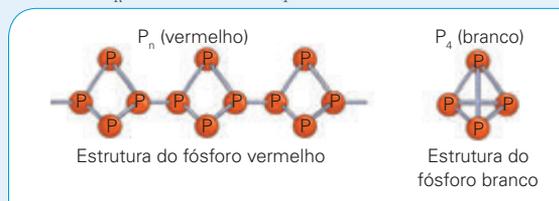
**Oxigênio:**  $\text{O}_2$  (gás oxigênio) e  $\text{O}_3$  (gás ozônio)



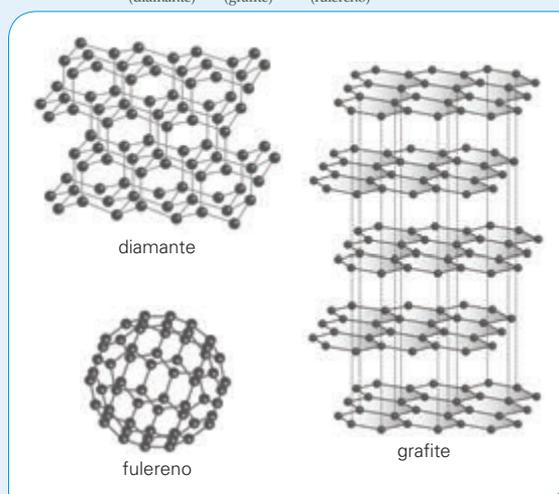
**Enxofre:**  $\text{S}_8$  (rômbico) e  $\text{S}_8$  (monoclínico)



**Fósforo:**  $\text{P}_n$  (vermelho) e  $\text{P}_4$  (branco)



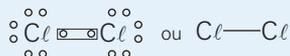
**Carbono:**  $\text{C}_{(\text{diamante})}$ ,  $\text{C}_{(\text{grafite})}$  e  $\text{C}_{(\text{fulereno})}$



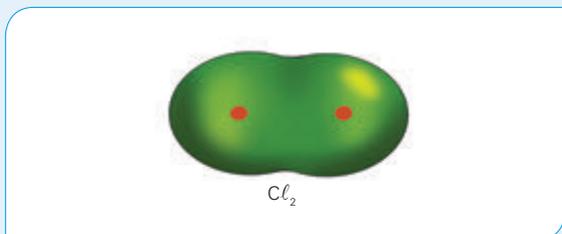
## LEITURA COMPLEMENTAR

## POLARIDADE DAS LIGAÇÕES COVALENTES

Dependendo de como as ligações covalentes são realizadas, elas podem ser classificadas como apolares ou polares. Para tal classificação, tem-se a dependência do tipo de elemento que realiza a ligação. Veja o exemplo do  $Cl_2$ , ele apresenta a seguinte ligação covalente:

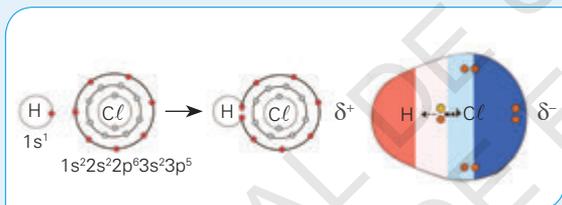


Esse par eletrônico compartilhado origina uma nuvem eletrônica que se distribui em torno dos átomos, conforme ilustrado a seguir:



Observe que a distribuição dessa nuvem é uniforme, porque os dois átomos são iguais e, portanto, apresentam a mesma eletronegatividade.

Esse tipo de ligação, que não apresenta diferença de eletronegatividade, ou de polaridade, é denominado **ligação apolar**. Contudo, ao observar o que ocorre no caso da ligação covalente a seguir, percebe-se que é realizada entre átomos de elementos diferentes, o hidrogênio e o cloro, formando o gás clorídrico:



O cloro é mais eletronegativo que o hidrogênio, por isso a nuvem eletrônica é deslocada na sua direção, criando-se, assim, uma diferença de polaridade, que é simbolicamente mostrada pela letra delta ( $\delta$ ). O polo negativo, que é, no caso, o cloro, é representado por  $\delta^-$  (maior eletronegatividade); e o polo positivo, que é o hidrogênio, é representado por  $\delta^+$  (menor eletronegatividade).

Esse tipo de ligação, em que é observada uma diferença de polaridade ou eletronegatividade, é denominado **ligação polar**.

## A ligação covalente coordenada (dativa)

A ligação covalente coordenada é qualificada pelo fato de o par eletrônico responsável pela ligação covalente entre dois átomos ser originário de apenas um

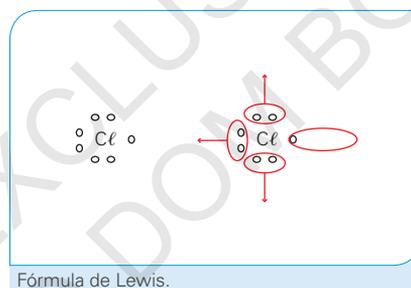
desses átomos, ou seja, pode acontecer de um átomo colocar um par de seus elétrons periféricos à disposição de outro átomo, para completar sua camada de valência.

Nesse tipo de ligação, os elétrons são “**emprestados**”. Tal empréstimo de elétrons ocorre quando um átomo já se apresenta estável e tem elétrons sobrando em sua camada de valência, os quais não estão sendo usados. Na ligação coordenada, os elétrons são “emprestados” em pares, não havendo ligação dativa com um elétron apenas. Veja, a seguir, a valência de alguns não metais.

### ELEMENTOS DA FAMÍLIA VIIA (F; Cl; Br; I)

Como esses elementos possuem sete elétrons na camada de valência, eles podem fazer uma ligação covalente normal e três ligações covalentes dativas.

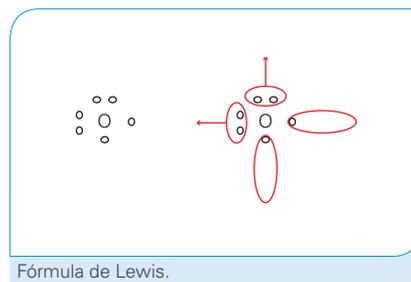
#### Exemplo



### ELEMENTOS DA FAMÍLIA VIA (O; S; Se)

Como esses elementos possuem seis elétrons na camada de valência, eles podem fazer duas ligações covalentes normais e duas ligações covalentes dativas.

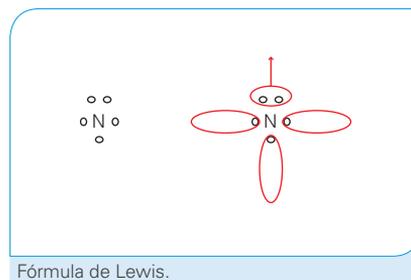
#### Exemplo



### ELEMENTOS DA FAMÍLIA VA (N; P)

Como esses elementos possuem cinco elétrons na camada de valência, eles podem fazer três ligações covalentes normais e uma ligação covalente dativa.

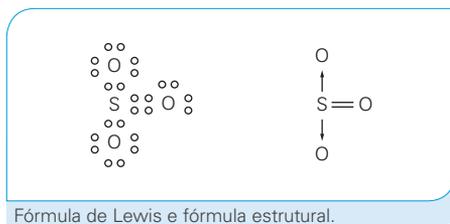
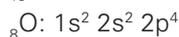
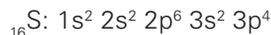
#### Exemplo



## Regras práticas e principais casos envolvendo a ligação coordenada (dativa)

### TRIÓXIDO DE ENXOFRE (SO<sub>3</sub>)

Na molécula de SO<sub>3</sub>, o enxofre é o átomo central e seu papel é estabilizar os átomos periféricos, um de cada vez. O enxofre faz uma ligação dupla com um dos oxigênios e uma dativa com cada um dos demais oxigênios.



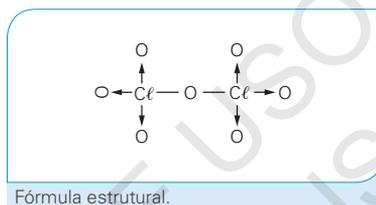
Fórmula de Lewis e fórmula estrutural.

### FÓRMULA ESTRUTURAL DE ALGUNS ÓXIDOS MOLECULARES (E<sub>x</sub>O<sub>y</sub>)

Em geral, os óxidos moleculares são moléculas simétricas.

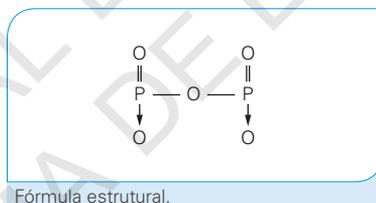
#### Exemplos

- Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub>



Fórmula estrutural.

- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>



Fórmula estrutural.

## Características dos compostos moleculares

Os compostos moleculares:

- podem ser encontrados nos estados sólido, líquido ou gasoso na temperatura ambiente;
- apresentam baixas temperaturas de fusão e ebulição se comparados com os compostos iônicos, isto é, não resistem ao calor;
- possuem baixa condução de corrente elétrica quando puros (exceto grafite); porém, alguns ácidos fortes, em meio aquoso, sofrem ionização (formam íons), tornando a solução condutora de corrente elétrica;
- tendem a ser mais inflamáveis do que os compostos iônicos.

# ROTEIRO DE AULA

## Ligação Covalente

### Normal

Compartilhamento de elétrons

por ambos os átomos

### Condição:

não metal + não metal

### Propriedades

Baixas T.F. e T.E.

Sólidos, líquidos  
ou gasosos (25 °C)

Formam  
moléculas

Não conduzem  
corrente elétrica

Exceto ácidos e  $\text{NH}_4\text{OH}$  em

solução aquosa

## ROTEIRO DE AULA

LIGAÇÃO  
COVALENTE

## Normal

Compartilhamento de elétrons por ambos  
os átomos

## Coordenada (Dativa)

Compartilhamento de elétrons por  
apenas um dos átomos

Baixas T.F. e T.E.

Sólidos, líquidos ou gasosos  
(25 °C)

## Propriedades

Formam moléculas

Não conduzem corrente elétrica

Exceto ácidos e  $\text{NH}_4\text{OH}$  em solução  
aquosa

## Condição

não metal + não metal

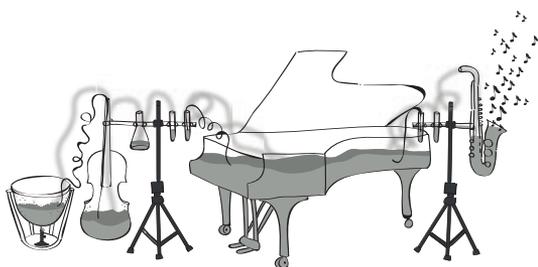
MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

**1. ETEC-SP (adaptado)** – Em Música, usam-se as partituras como meio de registro e guia para permitir tocar a peça musical como o compositor a criou. Em Química, utilizam-se protocolos experimentais como registro de um método procedimental predefinido para a implementação de experiências.

Numa partitura, existem notas musicais... Poderiam as reações químicas ser traduzidas por notas musicais?

Na imagem, temos uma analogia entre os instrumentos musicais e os equipamentos de laboratório. Observamos que as notas musicais escapam de um dos instrumentos, assim como uma substância gasosa escaparia de um recipiente aberto, em um experimento químico.



Disponível em: <<https://tinyurl.com/19ml95o>>. Acesso em: jun. 2018. Original colorido.

Dê um exemplo de substância que, em temperatura ambiente, se comportaria como as notas musicais na figura. Escreva a fórmula molecular da substância.

Um exemplo de substância que, em temperatura ambiente, se comportaria como as notas musicais na figura é o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), ou gás carbônico, que é um composto molecular e “escaparia” num sistema aberto nas condições descritas no enunciado da questão.

## 2. Univag-MT

O município de São Paulo desenvolve um projeto que utiliza experimentalmente ônibus movidos à célula a combustível de gás hidrogênio ( $\text{H}_2$ ) no transporte público. No processo de propulsão de tais veículos, o gás hidrogênio reservado no tanque do ônibus é introduzido na célula a combustível, passando por um processo eletroquímico que produz energia elétrica pela agregação do gás hidrogênio ao oxigênio do ar ( $\text{O}_2$ ), gerando água como produto, o que não contamina o meio ambiente. A equação que representa a reação global nesse tipo de célula a combustível é:



Disponível em: <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>. Adaptado.

Os gases hidrogênio e oxigênio empregados no processo e o produto obtido apresentam, respectivamente, em suas moléculas, um número de ligações covalentes igual a

- a) 1, 2 e 1  
b) 2, 2 e 1  
c) 1, 1 e 2  
d) 1, 2 e 2  
e) 2, 1 e 2

Na molécula do gás hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), há formação de uma ligação covalente normal entre os átomos de hidrogênio.



Na molécula do gás oxigênio ( $\text{O}_2$ ), há formação de duas ligações covalentes normais entre os átomos de oxigênio.



Na molécula de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), há duas ligações covalentes normais entre os átomos de oxigênio e hidrogênio.



## 3. UEPB

C7-H24

### Água deuterada

A água deuterada ( $\text{D}_2\text{O}$ ) tem importantes aplicações em usinas nucleares e em análises químicas avançadas. Apesar de ter aparência e propriedades químicas semelhantes às da água comum, sua composição é diferente. Os dois átomos de hidrogênio são substituídos por dois de seu isótopo deuterio.

A água deuterada também pode ser denominada de

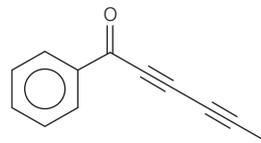
- a) água dura.  
b) água leve.  
c) água pura.  
d) água pesada.  
e) água mole.

A água pesada ou água deuterada possui fórmula  $^2\text{H}_2\text{O}$  ou simplesmente  $\text{D}_2\text{O}$ . Sua principal diferença em relação à água normal é que possui átomos de hidrogênio mais pesados, chamados de deuterio; nesse átomo, o núcleo atômico contém um nêutron a mais.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

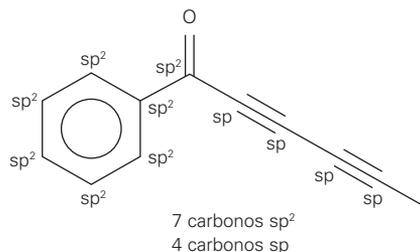
**4. Cefet-MG (adaptado)** – A capilina, cuja estrutura é representada em seguida, destaca-se entre os compostos orgânicos empregados como antifúngicos.



Considerando-se sua estrutura química, qual o número de carbonos com hibridação  $\text{sp}^2$  e  $\text{sp}$ ? Indique na fórmula cada classificação atribuída.

7 e 4

Veja a molécula a seguir:



**5. Famerp-SP** – A ligação química existente entre os átomos de cloro na molécula do gás cloro é do tipo covalente

- a) dupla polar.
- b) simples polar.
- c) tripla polar.
- d) simples não polar.**
- e) tripla não polar.

No gás cloro,  $Cl_2$ , os dois átomos de cloro estão unidos por meio de um único compartilhamento de elétrons, ou seja, por uma ligação covalente simples não polar.

**6. IFSP-SC (adaptado)** – As ligações químicas existentes na formação das substâncias  $NaCl$ ,  $HCl$  e  $Cl_2$  são, respectivamente,

- a) iônica, covalente, covalente.**
- b) iônica, covalente e iônica.
- c) covalente, covalente e iônica.
- d) covalente, covalente e metálica.

$NaCl$ : ligação iônica, entre um metal e um não metal.

$HCl$ : ligação covalente



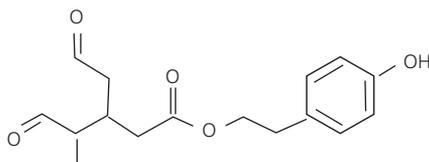
$Cl_2$ : ligação covalente

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

### 7. Uninove-SP

O oleocantal é isolado a partir do azeite de oliva extra virgem, é responsável pelo sabor pungente desse tipo de azeite e possui atividade biológica análoga à de agentes anti-inflamatórios.

*Journal of Chemical Education*, 2014.



Qual tipo de ligação química une os átomos constituintes da molécula de oleocantal?

---



---



---



---



---



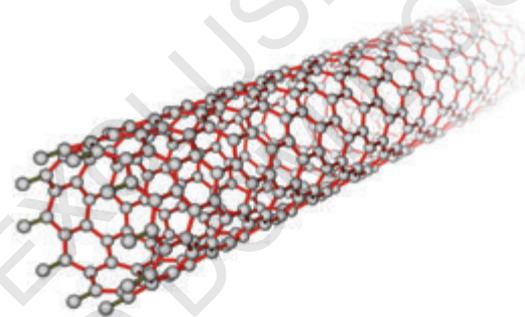
---

**8. IFCE** – Em 2014, fará 60 anos o prêmio Nobel de Química de Linus Pauling por seu trabalho sobre a natureza das ligações químicas. Pauling calculou a eletronegatividade dos elementos químicos e, por meio desses valores, é possível prever se uma ligação será iônica ou covalente. Em um composto formado, sendo X o cátion, Y o ânion e  $X_2Y_3$  a sua fórmula, os prováveis números de elétrons na última camada dos átomos X e Y, no estado fundamental, são, respectivamente,

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

**9. UERJ** – Um nanotubo é uma estrutura cilíndrica microscópica formada apenas por átomos de carbono.

O esquema a seguir representa um corte lateral de um nanotubo. Cada esfera corresponde ao núcleo de um átomo e cada traço, a uma ligação entre carbonos. Não estão indicadas no esquema as ligações do tipo pi.



O número de ligações duplas realizadas por átomo em um nanotubo corresponde a

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

**10. UEPG-PR (adaptado)** – Considerando os elementos a seguir representados, assinale o que for correto sobre os compostos químicos formados através de ligações entre os seus átomos.

**Dados:** H (Z = 1); N (Z = 7); O (Z = 8); K (Z = 19); Br (Z = 35)

- 01)**  $K_2O$  é um óxido formado através de ligação iônica entre cátions monovalentes e ânion divalente.
- 02)** O gás nitrogênio, de fórmula molecular  $N_2$ , apresenta ligações polares.
- 04)** O ácido perbromico ( $HBrO_4$ ) é um composto molecular, enquanto o ácido bromídrico ( $HBr$ ) é um composto iônico.
- 08)** A molécula do gás amônia ( $NH_3$ ) apresenta três ligações covalentes polares.
- 16)**  $KBr$  apresenta estrutura cristalina.

Dê a soma das proposições corretas.

---



---



---



---



---

---



---



---



---



---



---



---



---



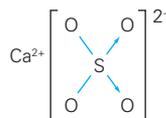
---



---

**11. Mackenzie-SP** – Relativamente à fórmula estrutural a seguir, é correto afirmar que

**Dados os números atômicos** O = 8; S = 16 e Ca = 20.



- a) existem somente ligações covalentes normais.
- b) o oxigênio cede dois elétrons para o cálcio.
- c) o enxofre recebe dois elétrons do cálcio.
- d) o cálcio, no estado fundamental, apresenta seis elétrons na camada de valência.
- e) existem duas ligações iônicas, duas ligações covalentes normais e duas ligações dativas (ou covalentes coordenadas).

**12. UFJF-MG** – O óxido nitroso (N<sub>2</sub>O(g)), também conhecido como gás hilariante, foi o primeiro anestésico utilizado em cirurgias. Hoje, também pode ser utilizado na indústria automobilística para aumentar a potência de motores de combustão interna. A seguir, está representada uma possibilidade da estrutura de Lewis dessa molécula.



De acordo com a fórmula apresentada, marque a opção que descreve corretamente as ligações existentes no N<sub>2</sub>O.

- a) Uma ligação iônica e duas ligações covalentes simples.
- b) Duas ligações covalentes, sendo uma tripla e uma simples.
- c) Duas ligações covalentes simples.
- d) Duas ligações iônicas.
- e) Duas ligações covalentes, sendo uma dupla e uma simples.

**13. PUC-RJ** – Levando em conta as ligações e interações que ocorrem entre átomos e moléculas, dentre as substâncias a seguir, a que possui maior ponto de fusão é

- a) H<sub>2</sub>O
- b) CO<sub>2</sub>
- c) CaCl<sub>2</sub>
- d) C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>
- e) C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>

**14. UFPA** – Na fórmula eletrônica (ou de Lewis) da molécula de nitrogênio, o número de pares de elétrons compartilhados é

**Dado:** número atômico nitrogênio = 7

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

**15. UCB-RJ** – As décadas que permearam o final do século 19 e início do século 20 foram marcadas por uma revolução na compreensão da matéria microscópica. Isso se deu pelos trabalhos de vários cientistas: Thomson, Rutherford, Böhr, Planck, Einstein, De Broglie, Heisenberg, Schrödinger, Lewis, entre outros. Com o empenho, assim, da física e da química, descobriu-se que a matéria possui um comportamento dual, de modo que elétrons podem ser tratados como “nuvens eletrônicas” que possuem probabilidade de estar em dadas posições, os orbitais eletrônicos. Acerca dos orbitais e das ligações químicas, julgue os itens a seguir:

- I. Lewis propôs a regra do octeto, de maneira que os átomos dos variados elementos químicos reagem entre si, de forma a terem uma configuração eletrônica de um gás nobre.
- II. Lewis propôs a regra do octeto, de modo que os átomos dos variados elementos químicos reagem entre si, de maneira a ter uma configuração de um gás perfeito.
- III. O entendimento da configuração eletrônica dos átomos proporciona uma percepção microscópica das propriedades periódicas dos elementos.
- IV. As ligações químicas entre não metais e metais têm caráter altamente eletrostático; são as chamadas ligações covalentes.
- V. Quando um átomo é excitado, seus elétrons podem assumir energias maiores. Quando tais elétrons retornam aos seus estados fundamentais, há liberação de luz.

---



---



---



---



---



---

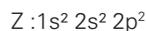


---



---

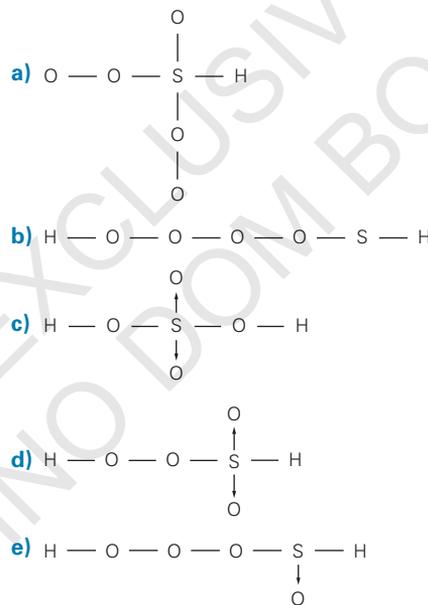
16. **Univap-SP (adaptado)** – Na natureza, dificilmente os átomos ficam sozinhos. Eles tendem a se unir uns aos outros para formarem novas substâncias. Alguns átomos são estáveis, ou seja, pouco reativos. Já outros não podem ficar isolados, precisam se ligar a outros elementos. As forças que mantêm os átomos unidos são fundamentalmente de natureza elétrica e são chamadas de ligações químicas. Toda ligação química envolve o movimento de elétrons nas camadas mais externas dos átomos, mas nunca atinge o núcleo. A Teoria do Octeto é baseada na estabilidade dos gases nobres. De todos os elementos que existem na natureza, apenas os gases nobres podem ser encontrados livres, na forma de átomos isolados. Os demais se encontram ligados uns aos outros, de diversas maneiras e nas mais diversas combinações. Os gases nobres estão isolados porque obedecem à regra do octeto, ou seja, contêm oito elétrons na sua camada de valência, ou camada mais externa, mais afastada do núcleo, com exceção do hélio, que possui dois elétrons e é estável. Considerando-se a distribuição eletrônica de hipotéticos elementos no estado fundamental



está correto afirmar que

- o número atômico do átomo X é 11.
- o número elétrons do átomo Z é 8.
- o elemento X é um metal.
- o elemento Z transfere 2 elétrons em uma ligação química.
- o átomo Z compartilha 4 elétrons para completar o octeto, em uma ligação química.

17. **ITA-SP** – A posição relativa dos átomos, na molécula do ácido sulfúrico, é mais bem representada por

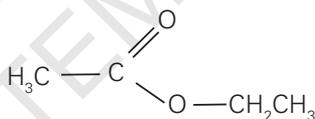


## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. Udesc-SC

C7-H24

Os ésteres são comumente preparados a partir da reação entre um ácido carboxílico e um álcool em meio ácido. A metodologia mais conhecida é a esterificação de Fisher. Um éster muito utilizado como solvente em laboratório é o etanoato de etila, também conhecido como acetado de etila.



A molécula do etanoato de etila possui

- somente ligações covalentes apolares entre os átomos.
- somente ligações sigma entre os átomos.
- ligação covalente polar entre o átomo de oxigênio e o de hidrogênio.
- somente uma ligação sigma em sua estrutura.
- apenas uma ligação  $\pi$  ( $\pi$ ) em sua estrutura.

### 19. UCB-DF

C7-H24

Gilbert N. Lewis introduziu, na química, o conceito de ligação covalente para explicar a existência de

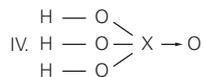
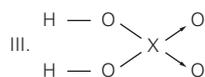
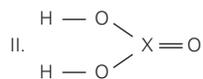
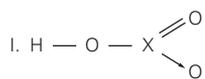
substâncias formadas estritamente por ametais. Isso era necessário, uma vez que a atração eletrostática – a ligação iônica – era incapaz de responder à possibilidade, por exemplo, da formação de substâncias como  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{HCl}$  ou  $\text{CH}_4$ . Assim, no que se refere aos conceitos clássicos de ligação, isto é, a respeito das ligações do tipo iônica, covalente e metálica, assinale a alternativa correta.

- As ligações químicas conhecidas são formadas por causa da tendência geral – de todos os elementos conhecidos – a estabelecerem ligações que obedecem à regra do octeto.
- A partir da estrutura de Lewis do íon amônio,  $\text{NH}_4^+$ , é possível perceber que as ligações N–H, nesse íon, são covalentes.
- As ligações covalentes, por exemplo, em moléculas como  $\text{HCl}$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , podem ser classificadas como totalmente iônicas pela alta concentração da densidade eletrônica no Cl e no O, respectivamente.
- As ligações metálicas ocorrem preponderantemente pela deslocalização dos elétrons mais internos de cada átomo do metal.
- Os átomos, em uma molécula de cloreto de sódio, estão unidos por ligação covalente dativa.

## 20. UCS – RS

C7-H24

Nas fórmulas estruturais de ácidos a seguir, X representa um elemento químico.



Os elementos que substituem corretamente o X nas fórmulas estruturais são, respectivamente,

- a) N, C, S, P.
- b) N, Si, Se, Br.
- c) P, C, Se, N.
- d) N, Sn, As, P.
- e) P, Pb, Br, As.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

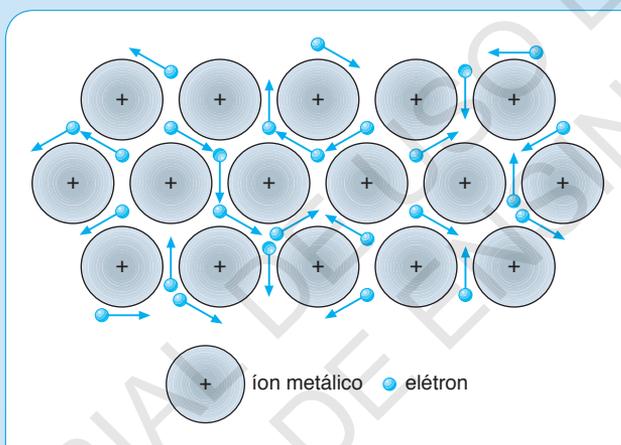
# LIGAÇÃO METÁLICA E GEOMETRIA MOLECULAR

A ligação metálica é a força que mantém unidos os átomos e cátions dos metais, os agregados atômicos, de acordo com a teoria do “mar de elétrons” ou teoria da “nuvem eletrônica”.

Os metais têm baixos potenciais de ionização, sendo assim, podem ceder elétrons com mais facilidade e, dessa forma, originar cátions. Ao mesmo tempo, apresentam orbitais de valência vazios que favorecem a mobilidade das cargas negativas.

Os elétrons dos átomos unidos por meio de ligação metálica não estão presos a nenhuma partícula; deslocam-se entre os cátions formados quando as cargas negativas se libertam, dando origem ao que é conhecido por nuvem eletrônica ou gás eletrônico de um metal.

Esse tipo de ligação ocorre apenas em átomos de elementos eletropositivos, ou seja, em metais e em suas ligas. É de natureza coletiva, não havendo uma entidade isolada característica de um metal.



Modelo do mar de elétrons para a ligação metálica. Os elétrons de valência deslocalizados formam um mar de elétrons livres, que circunda e liga um grande conjunto de íons metálicos.

## LIGAS METÁLICAS

São materiais de propriedades metálicas que contêm dois ou mais elementos metálicos fundidos, podendo, em alguns casos, envolver semimetais e não metais, porém em pequenas quantidades. Os diferentes átomos distribuem-se de maneira praticamente uniforme.

As ligas possuem propriedades diferentes dos elementos que as originam como diminuição ou aumento da temperatura de fusão, aumento da dureza e da resistência mecânica.

Diversas ligas têm ampla aplicação industrial e doméstica, dentre elas, o aço, que consiste numa liga formada por ferro e carbono e pode receber pequenas porcentagens de outros metais (cromo, níquel e manganês). Os vários tipos de aço diferem quanto à porcentagem de carbono e outros metais presentes na liga. O quadro a seguir mostra a diferença dos tipos de aço, de acordo com as diversas misturas.

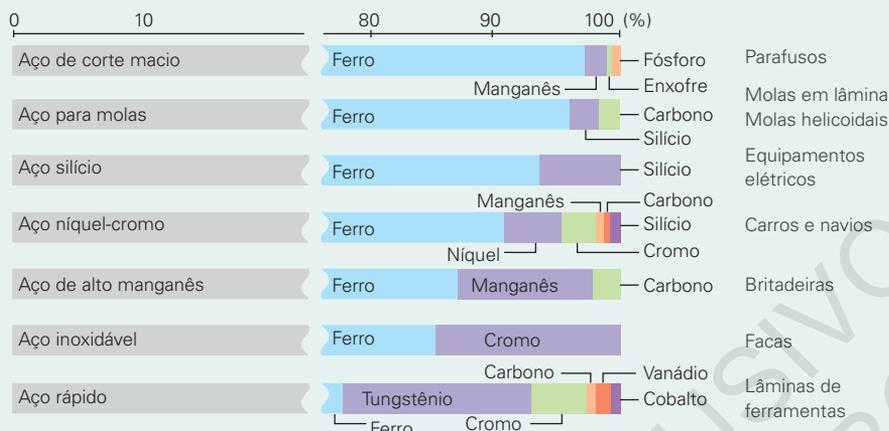
- Ligação metálica
- Ligas metálicas
- Propriedades dos metais
- Geometria molecular
- Teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência (TRPECV)
- Tipos de geometria

### HABILIDADES

- Reconhecer as características de ligações metálicas.
- Caracterizar os modelos de ligações químicas para identificar as substâncias como metálicas.
- Reconhecer a relação entre a geometria de uma molécula e sua fórmula eletrônica
- Reconhecer símbolos, códigos e nomenclaturas específicas da química com o objetivo de interpretar e representar, por meio dessas linguagens, as ligações químicas e as geometrias moleculares.

## Outras ligas de ferro

Pequenas quantidades de metais também conferem propriedades úteis ao aço. O cromo, por exemplo, produz a liga chamada aço inoxidável, resistente à corrosão. Com um pouco de tungstênio forma-se o aço rápido, liga forte utilizada em equipamentos de retífica.



Além do aço, outras ligas metálicas merecem destaque:

### Exemplos de ligas metálicas, suas composições e aplicações

| Nome                        | Composição (%)                | Aplicação                          |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Solda de estanho (elétrica) | Pb (67); Sn (33)              | Soldagem de equipamento eletrônico |
| Prata de lei                | Ag (92,5); Cu (7,5)           | Braceletes, colares, brincos       |
| Ligas monetárias            | Cu (75); Ni (25)              | Moedas                             |
| Ouro 18 quilates            | Au (75); Ag (12,5); Cu (12,5) | Joias                              |
| Bronze                      | Cu (90); Sn (10)              | Sinos, medalhas                    |
| Latão                       | Cu (67); Zn (33)              | Encanamentos, ferramentas          |

## Propriedades dos metais

Os metais:

- são sólidos nas condições ambientes (exceto: mercúrio, gálio, cério e frâncio, que são líquidos à temperatura de 29,8 °C e 1 atm);
- apresentam temperaturas de fusão e de ebulição normalmente elevadas, o que reflete a grande força de atração decorrente da interação entre os átomos nas estruturas metálicas. Exemplos típicos dessa generalização são o ferro e o tungstênio, cujas temperaturas de fusão são iguais a 1538 °C e 3422 °C, respectivamente. Já mercúrio, gálio e sódio, com temperaturas de fusão iguais a -39 °C, 30 °C e 98 °C, respectivamente, fogem da generalização;
- são ótimos condutores de corrente elétrica e térmicos, principalmente na fase sólida, em razão da presença dos elétrons livres;
- apresentam brilho metálico, o qual será tão mais intenso quanto mais polida for a superfície metálica. Assim, os metais refletem muito bem a luz;
- apresentam elevada densidade, resultado das estruturas compactas, por causa da grande intensidade da força de união entre átomos e cátions (ligação metálica); isso faz com que, em igualdade de massa com qualquer outro material, os metais ocupem menor volume;
- resistem às forças de alongamento de suas superfícies (resistentes à tração), o que ocorre também como consequência da "força" da ligação metálica;
- apresentam maleabilidade, propriedade que permite a transformação dos metais em lâminas ou placas, por martelamento ou pressão, sem sofrerem ruptura;
- apresentam ductilidade, propriedade que permite a transformação dos metais em fios (ductos) sem ruptura.

## Geometria molecular

Geometria molecular ou estrutura molecular é o arranjo tridimensional de átomos no espaço. É importante poder prever e compreender a estrutura molecular de uma molécula, porque muitas das propriedades de uma substância são determinadas pela sua geometria.

## Teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência (TRPECV)

Os átomos ligantes distribuem-se espacialmente ao redor de um átomo central, de forma a obter a maior estabilidade possível. O posicionamento é dependente do número de pares de elétrons (nuvens eletrônicas) ao redor do átomo central. As posições refletem a maior distância possível entre tais pares eletrônicos, a qual foi proposta pelo francês Ronald J. Gillespie e o australiano R. S. Nyholm.

Para um observador externo, os átomos assumem a forma de uma figura geométrica.

### A TEORIA

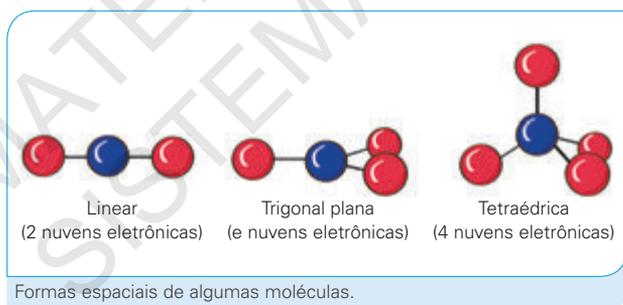
Os pares eletrônicos, compartilhados ou não, que envolvem um átomo central, por repulsão, afastam-se ao máximo uns dos outros, mantendo a mesma distância.

Assim:

- os pares eletrônicos existentes ao redor do átomo central "orientam" a geometria da molécula;
- o que "determina" a geometria da molécula é a posição dos núcleos dos átomos que constituem a molécula.

### Observação

Considerando a presença de 2, 3 e 4 nuvens eletrônicas ao redor do átomo central, temos as seguintes possibilidades de arranjo espacial:



## SEQUÊNCIA PARA A DETERMINAÇÃO DA GEOMETRIA MOLECULAR

Para montar a fórmula eletrônica de Lewis, é preciso contar os pares de elétrons ao redor do núcleo central. Para isso, é necessário que se considerem:

- ligações simples, duplas, triplas e dativas como uma única nuvem eletrônica (único par de elétrons);
- os pares de elétrons ao redor do átomo central que não participam das ligações também como nuvem eletrônica.

Os pares eletrônicos repelem-se ao máximo.

Observe a tabela:

| Número de pares de elétrons ao redor do átomo central | Orientação dos pares                            | Número de núcleos | Geometria   |
|---|---|-------------------|-------------|
| 2<br>180°   | x x A x x<br>Linear                             | +xx+xx+           | Linear      |
| 3<br>120°   | x<br>x<br>A<br>x<br>x<br>(Triângulo equilátero) | +xx+xx+           | Angular     |
|   |   | +xx+xx+           | Triangular  |
| 4<br>109°28'  | x<br>x<br>A<br>x<br>x<br>Tetraedro              | +xx+xx+           | Angular     |
|   |   | +xx+xx+           | Piramidal   |
|   |   | +xx+xx+           | Tetraédrica |

## TIPOS DE GEOMETRIA

### Geometria linear

A molécula será linear quando:

- possuir apenas dois átomos na molécula;

#### Exemplo

HCl  
H-Cl ( geometria linear)

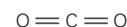
- possuir três átomos, sem sobra de elétrons (par isolado ou elétrons não ligantes) no átomo central.

#### Exemplo

CO<sub>2</sub>



Fórmula de Lewis



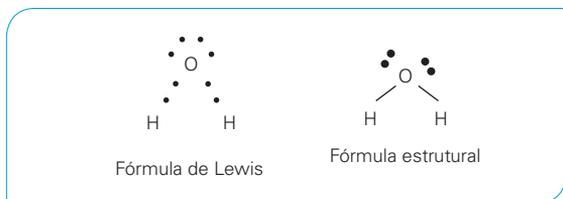
Fórmula estrutural

### Geometria angular

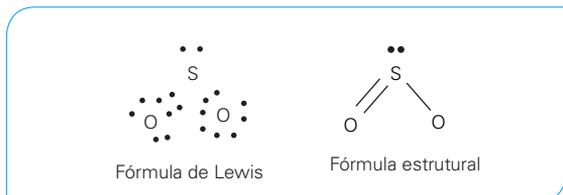
A molécula será angular quando possuir três átomos, com sobra de elétrons (par isolado ou elétrons não ligantes) no átomo central.

### Exemplos

- $H_2O$



- $SO_2$

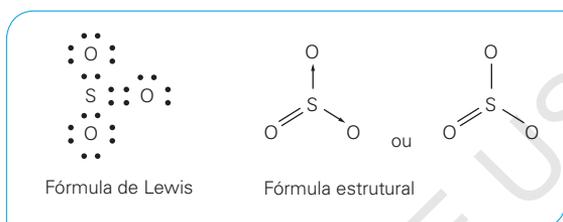


### Geometria trigonal plana

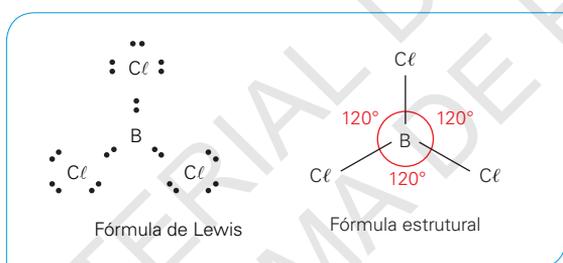
A molécula será trigonal plana quando possuir quatro átomos, sem sobra de elétrons no átomo central.

#### Exemplos

- $SO_3$



- $BCl_3$

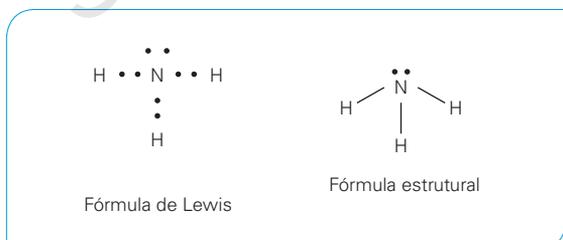


### Geometria piramidal

A molécula será piramidal quando possuir quatro átomos, **com** sobra de elétrons no átomo central.

#### Exemplo

- $NH_3$

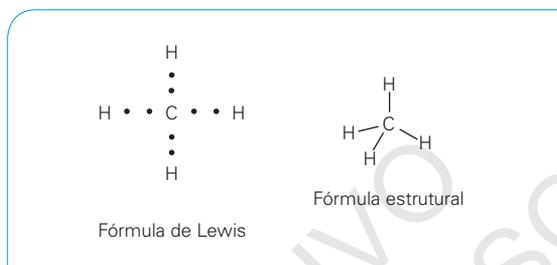


### Geometria tetraédrica

A molécula será tetraédrica quando possuir cinco átomos, **sem** sobra de elétrons (pares isolados ou não ligantes) no átomo central.

#### Exemplo

- $CH_4$

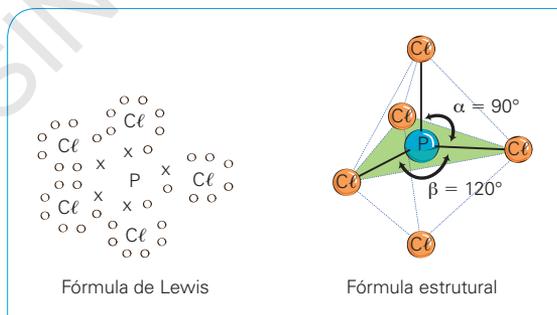


### FIQUE LIGADO!

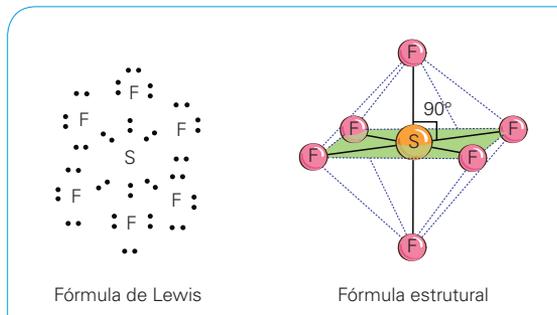
Existem outras geometrias mais complexas, como a hexaédrica ou bipirâmide trigonal ( $PCl_5$ ) e a octaédrica ou bipirâmide de base quadrada ( $SF_6$ ). Nesses dois exemplos, o fósforo no  $PCl_5$  fica com 10 elétrons na camada de valência, e o enxofre no  $SF_6$ , com 12 elétrons na camada de valência. Nas duas situações, esses elementos não obedecem à regra do octeto.

#### Exemplos

- Pentacloreto de fósforo ( $PCl_5$ )



- Hexafluoreto de enxofre ( $SF_6$ )



# ROTEIRO DE AULA

## LIGAÇÃO METÁLICA

### Condição:

metal + metal

Mar de elétrons

Elevadas T.F. e T.E.

Conduzem corrente elétrica

Elétrons livres

Sólidos  
líquido (Hg)  
(25 °C)

Dúcteis

Formam retículos metálicos

Maleáveis

# ROTEIRO DE AULA

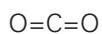
## GEOMETRIA MOLECULAR

Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos

da Camada de Valência - TRPECV

Máxima repulsão entre as nuvens eletrônicas

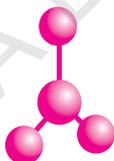
Linear



Angular



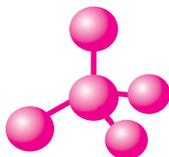
Trigonal plana



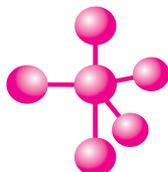
Piramidal



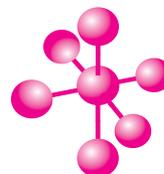
Tetraédrica



Bipirâmide trigonal



Octaédrica



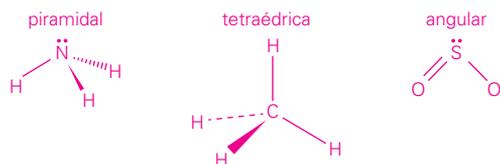
## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **IFSul-RS** – A tabela a seguir relaciona as substâncias às suas aplicações.

| Substância      | Aplicação                                       |
|-----------------|---|
| NH <sub>3</sub> | Produtos de limpeza                             |
| CH <sub>4</sub> | Matéria-prima para produção de outros compostos |
| SO <sub>2</sub> | Antisséptico, desinfetante                      |

A alternativa que relaciona as substâncias com a sua geometria molecular é, respectivamente,

- a) trigonal plana, tetraédrica e angular.  
 b) trigonal plana, piramidal e linear.  
 c) piramidal, tetraédrica e linear.  
 d) piramidal, tetraédrica e angular.



2. **UFJF-MG (adaptado)** – H<sub>2</sub>S é encontrado tanto em solução aquosa (solúvel em água) quanto na forma gasosa. É altamente tóxico, inflamável, irritante, além de apresentar odor característico semelhante ao de ovos podres. Com base nas características do H<sub>2</sub>S, responda ao item a seguir.

Escreva a estrutura de Lewis para o H<sub>2</sub>S. Qual o tipo de geometria molecular existente?

Estrutura eletrônica de Lewis para o H<sub>2</sub>S:



Tipo de geometria: angular



Estrutura de Lewis:

3. **UPE**

C7–H24

2016, ano de Olimpíadas, todos os atletas vieram ao Rio de Janeiro, em busca da medalha de ouro. Mas o que poucas pessoas sabem é que a medalha olímpica não é feita inteiramente de ouro: ela possui apenas 1,34% do metal dourado em sua composição.

Além do alto valor de mercado, que outra propriedade do ouro determina essa decisão?

- a) Baixa rigidez  
 b) Alta densidade  
 c) Baixa reatividade  
 d) Alta eletronegatividade  
 e) Alta condutividade térmica

O ouro é um metal bastante maleável, o que dificultaria manter uma forma definida, caso a medalha fosse inteiramente feita desse material.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

4. **Cefet-MG**

Os metais têm, geralmente, temperaturas de fusão e vaporização elevadas, o que indica que as forças de coesão entre os átomos são intensas. Essa grande força entre os átomos é explicada por um modelo no qual os elétrons de valência do metal movimentam-se livremente por uma rede formada por íons positivos, mantendo uma distribuição média uniforme.

Barros, Haroldo L. C., *Forças Intermoleculares Sólido Soluções*, Belo Horizonte, 1993.

A sequência de substâncias formadas por ligações metálicas é

- a) Au, Pt, N<sub>2</sub>, e Zn.  
 b) Na, Cu, Ag e P<sub>4</sub>.  
 c) Pd, K, Mg e Ca.  
 d) Ag, Pt, C<sub>(grafita)</sub> e Ni.

A sequência que envolve apenas elementos metálicos (que poderão formar uma liga) são: Pd, K, Mg e Ca.

5. **IFSul-RS** – O nitrogênio é um elemento químico com símbolo N. Devido à grande variação do número de oxidação, apresenta-se em diferentes formas na natureza, tais como, N<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub>, NO<sup>2-</sup> e NO<sup>3-</sup>.

Determine a geometria dos compostos nitrogenados citados anteriormente.

N<sub>2</sub>: geometria linear:



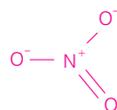
NH<sub>3</sub>: geometria piramidal:



NO<sup>2-</sup>: angular:



NO<sup>3-</sup>: trigonal plana:



6. **PUC-RS (adaptado)** – Para responder à questão, analise as afirmativas apresentadas a seguir, sobre o uso de metais e ligas metálicas ao longo da história do homem.

- 1) Na Pré-História, este foi um dos primeiros metais usados para fazer ferramentas e outros utensílios, como facas, machados, ornamentos e pontas de flecha.
- 2) Esta liga de cobre e estanho foi usada posteriormente, por ser mais dura e por permitir a fabricação de ferramentas mais resistentes.
- 3) Este metal puro e a sua liga com carbono demoraram ainda mais a ser usados, em razão da maior complexidade de sua produção.

- 4) No final do século XIX, este material começou a ser usado de maneira generalizada em utensílios domésticos, sendo antes disso um metal de produção extremamente cara.

As afirmativas 1, 2, 3, e 4 referem-se, respectivamente, a quais espécies químicas?

Teremos: \_\_\_\_\_

1) Na Pré-História, o cobre foi um dos primeiros metais usados para

fazer ferramentas e outros utensílios, como facas, machados, orna-

mentos e pontas de flecha. \_\_\_\_\_

2) O bronze (liga de cobre e estanho) foi usado posteriormente, por ser

mais duro e por permitir a fabricação de ferramentas mais resistentes. \_\_\_\_\_

3) O ferro puro e a sua liga com carbono (aço) demoraram ainda mais

para serem usados, em razão da maior complexidade de sua produção. \_\_\_\_\_

4) No final do século XIX, em razão do processo da eletrólise da bauxita, o

alumínio começou a ser usado de maneira generalizada em utensílios do-

mésticos, sendo antes disso um metal de produção extremamente cara. \_\_\_\_\_

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. UECE** – Segundo Sam Kean, no livro *A colher que desaparece*, Nabucodonosor II da Babilônia (632 a.C.-562 a.C.) usou uma mistura de chumbo e antimônio para pintar as paredes de seu palácio de amarelo e, pouco depois, enlouqueceu em consequência da inalação do material utilizado. Sobre o chumbo e o antimônio, marque a única afirmação **falsa**.

- O antimônio e o chumbo formam uma liga, denominada latão, muito utilizada como eletrodos de baterias e na indústria de semicondutores.
- O chumbo tetraetila, ainda usado como antidetonante de combustíveis na aviação, foi banido da gasolina por ser tóxico e por liberar partículas de chumbo na atmosfera.
- Vasilhas de chumbo apassivado podem ser utilizadas para transportar ácido sulfúrico concentrado e quente.
- O antimônio foi classificado como metaloide por ter a aparência e algumas propriedades físicas dos metais e comportar-se quimicamente como não metal em algumas condições.

**8. FCM-PB** – A geometria molecular é o arranjo tridimensional dos átomos em uma molécula e influencia muitas de suas propriedades físicas e químicas, como pontos de fusão e ebulição, densidade e tipos de reação de que a molécula participa. Uma das abordagens que explica a geometria molecular de diversas espécies é a Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência (TRPECV), que procura elucidar as geometrias moleculares em termos da repulsão eletrostática entre os pares de elétrons em torno do átomo central. Com base na Teoria RPECV, analise as espécies  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{BF}_3$  e  $\text{SF}_6$  e assinale a alternativa correta.

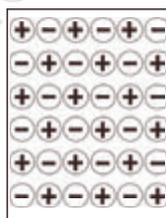
- A geometria do  $\text{SO}_2$  é linear e o átomo de enxofre apresenta um par de elétrons não ligante.
- A molécula de  $\text{BF}_3$  possui geometria piramidal e ângulos de ligação de  $120^\circ$ .
- O  $\text{NH}_4^+$  apresenta ao redor do átomo central três pares de elétrons ligantes e um par de elétrons não ligante.
- O  $\text{BeCl}_2$  apresenta geometria angular e o átomo central possui quatro elétrons na camada de valência.
- O  $\text{SF}_6$  apresenta uma geometria octaédrica, em que o átomo central apresenta apenas pares de elétrons ligantes.

**9. IFBA** – As ligas metálicas apresentam ligações entre átomos de elementos químicos diferentes. Sendo assim, uma composição com características diferentes dos elementos químicos originais e com uma gama maior de aplicações que as dos próprios metais constituintes.

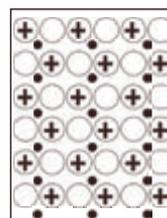
O elemento químico X, comum às três ligas, latão ( $\text{Zn} + \text{X}$ ), bronze ( $\text{Sn} + \text{X}$ ) e ouro vermelho ( $\text{Au} + \text{X}$ ), é isoeletrônico com  $\text{Zn}^{2+}$  quando seu próprio número de oxidação é igual a +1 e conserva sua alta condutibilidade elétrica e térmica ao compor as ligas. O elemento químico com as características citadas é o

- cobalto.
- manganês.
- ferro.
- cromo.
- cobre.

**10. UFG-GO** – Analise os esquemas a seguir.



Estrutura de composto iônico



Estrutura de composto metálico

Legenda

|   |               |
|---|---------------|
| ○ | Átomo         |
| ⊕ | Cátion        |
| ⊖ | Ânion         |
| ● | Elétron livre |

Tendo em vista as estruturas apresentadas,

- explique a diferença de comportamento entre um composto iônico sólido e um metal sólido quando submetidos a uma diferença de potencial;

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- b) explique por que o comportamento de uma solução de substância iônica é semelhante ao comportamento de um metal sólido, quando ambos são submetidos a uma diferença de potencial.

---



---



---



---

**11. PUC-RS** – Analise o texto a seguir.

As assim chamadas “terras-raras” são elementos químicos essenciais para diversas aplicações tecnológicas, como superímãs, LEDs, catalisadores para gasolina, motores elétricos e discos rígidos para armazenamento de dados. As terras-raras englobam diversos elementos de caráter \_\_\_\_\_, tais como o ítrio, o lantânio, o cério, o gadolínio e o neodímio. Uma característica comum a esses metais é a tendência a formarem \_\_\_\_\_. No Brasil, há consideráveis depósitos do mineral monazita, um fosfato de fórmula  $APo_4$ , onde “A” representa um átomo de uma terra-rara, por exemplo, cério ou lantânio. Algumas monazitas têm elevado teor de tório, sendo por isso altamente radioativas. O mineral xenotima é também um fosfato, mas de ítrio. Com a fórmula  $YPO_4$ , a xenotima permite obter aproximadamente \_\_\_\_\_ gramas de terra-rara para cada 100 g do mineral.

As informações que preenchem correta e respectivamente as lacunas do texto estão reunidas em

**Dados:** O = 16; P = 31; Y = 89

- a) metálico – cátions – 39,0  
 b) não metálico – ânions – 88,9  
 c) metálico – ânions – 163,4  
 d) metálico – cátions – 48,3  
 e) não metálico – cátions – 184

**12. UEMA** – O gelo seco corresponde ao dióxido de carbono no estado sólido. Suas aplicações são as mais variadas, desde efeitos especiais em *shows* à conservação de alimentos. Neste último caso, seu uso é preferencial quando comparado ao gelo comum (água no estado sólido).

O texto anterior cita duas substâncias compostas e um estado físico da matéria.

Por que o  $CO_2$  sólido é chamado de gelo seco?

---



---



---



---

**13. CPS-SP** – Os metais, explorados desde a Idade do Bronze, são muito utilizados até hoje, por exemplo, na aeronáutica, na eletrônica, na comunicação, na construção civil e na indústria automobilística.

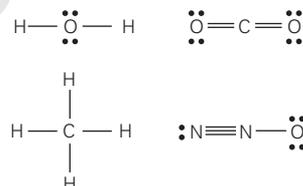
Sobre os metais, pode-se afirmar que são

- a) bons condutores de calor e de eletricidade, assim como os não metais.  
 b) materiais que se quebram com facilidade, característica semelhante aos cristais.  
 c) materiais que apresentam baixo ponto de fusão, tornando-se sólidos na temperatura ambiente.  
 d) encontrados facilmente na forma pura ou metálica, sendo misturados a outros metais, formando o mineral.  
 e) maleáveis, transformando-se em lâminas, por exemplo, quando golpeados ou submetidos a rolo compressor.

**14. UFRR** – De acordo com a teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência, em qual alternativa as moléculas apresentam a mesma geometria?

- a)  $BF_3$  e  $H_2S$   
 b)  $PH_3$  e  $NH_3$   
 c)  $SF_6$  e  $PH_3$   
 d)  $H_2S$  e  $PH_3$   
 e)  $NH_3$  e  $BF_3$

**15. Univag-MT** – O principal gás responsável pelo efeito estufa, que resulta unicamente de fontes naturais tais como evapotranspiração e atividade vulcânica, é o vapor d’água troposférico. Já entre os principais gases antrópicos, ou seja, de responsabilidade humana, temos o gás carbônico, o metano e o óxido nítrico. As fórmulas estruturais dos gases citados estão representadas a seguir.



Com base nas estruturas apresentadas e na teoria da repulsão dos pares de elétrons da camada de valência, é correto afirmar que

- a) o gás carbônico, o metano e o óxido nítrico apresentam geometria planas.  
 b) o gás carbônico apresenta geometria linear e o óxido nítrico apresenta geometria angular.  
 c) o gás metano apresenta geometria tetraédrica.  
 d) o gás metano apresenta geometria quadrado planar em função da ausência de pares de elétrons isolados.  
 e) apenas o vapor d’água troposférico apresenta geometria linear.

**16. UFGD-MS** – O tricloreto de fósforo ( $PCl_3$ ) é um líquido incolor usado para a fabricação de compostos organofosforados, com amplas aplicações industriais, desde a fabricação de inseticidas até agentes antitumorais. Quando o  $PCl_3$  reage com cloro, forma-se um sólido amarelo claro de pentacloreto de fósforo ( $PCl_5$ ). Em altas concentrações e solventes polares, esse composto se dissocia de acordo com o seguinte equilíbrio:



A geometria molecular é um parâmetro de importância fundamental para a previsão e compreensão de várias propriedades dessas substâncias, tais como polaridade, solubilidade e reatividade. Sendo assim, as geometrias

para as quatro espécies destacadas anteriormente ( $PCl_3$ ,  $[PCl_4]^+$ ,  $PCl_5$  e  $[PCl_6]^-$ ) são, respectivamente,

- trigonal, quadrática, bipiramidal e octaédrica.
- angular, linear, tetraédrica e quadrática.
- piramidal, tetraédrica, bipiramidal e octaédrica.
- linear, tetraédrica, piramidal e angular.
- piramidal, angular, trigonal e tetraédrica.

**17. UFGD-MS** – Analise as afirmações a seguir sobre os tipos de ligações químicas existentes nas espécies mostradas na equação:



- No Li, existe ligação metálica.
  - Na  $\text{H}_2\text{O}$ , existe ligação covalente polar.
  - No LiOH, existe ligação covalente não polar.
  - No  $\text{H}_2$ , existe ligação covalente não polar.
- Assinale a alternativa que apresenta todas as afirmativas corretas.

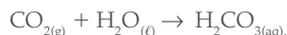
- I e II
- I e IV
- II e III
- III e IV
- I, II e IV

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. Fatec-SP

C7-H24

“Houston, we have a problem”. Ao enviar essa mensagem, em 13 de abril de 1970, o comandante da missão espacial Apollo 13 sabia que sua vida e a dos seus dois companheiros estavam por um fio. Um dos tanques de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) tinha acabado de explodir. Apesar do perigo iminente dos astronautas ficarem sem  $\text{O}_2$  para respirar, a principal preocupação da NASA era evitar que a atmosfera da espaçonave ficasse saturada do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), exalado pela própria equipe. Isso causaria diminuição do pH do sangue da tripulação (acidemia sanguínea), já que o  $\text{CO}_2$  é um óxido ácido e, em água, ele forma ácido carbônico:



A acidemia sanguínea deve ser evitada a qualquer custo. Inicialmente, ela leva a pessoa a ficar desorientada e a desmaiar, podendo evoluir até o coma ou mesmo até a morte.

Normalmente, a presença de  $\text{CO}_2$  na atmosfera da nave não é problema, pois existem recipientes, adaptados à ventilação com hidróxido de lítio ( $\text{LiOH}$ ), uma base capaz de absorver esse gás. Nada quimicamente mais sensato: remover um óxido ácido lançando mão de uma base, através de uma reação de neutralização.

VACARY. David A. Solos desnutridos. Scientific American Brasil Aula aberta. Ed Duetto. 2012. Adaptado.

O óxido que pode levar à acidemia sanguínea apresenta geometria molecular

**Dados:** Notação de Lewis



- linear.
- angular.
- trigonal.
- piramidal.
- tetraédrica.

### 19. Mackenzie-SP

C7-H24

Os gases do efeito estufa envolvem a Terra e fazem parte da atmosfera. Esses gases absorvem parte da radiação infravermelha refletida pela superfície terrestre, impedindo que a radiação escape para o espaço aquecendo a superfície da Terra. Atualmente, são seis os gases considerados como causadores do efeito estufa: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), clorofluorcarbonetos (CFCs), hidrofluorcarbonetos (HFCs) e hexafluoreto de

enxofre ( $\text{SF}_6$ ). Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima, o  $\text{CO}_2$  é o principal “culpado” pelo aquecimento global, sendo o gás mais emitido (aproximadamente 77%) pelas atividades humanas. No Brasil, cerca de 75% das emissões de gases do efeito estufa são causadas pelo desmatamento, sendo o principal alvo a ser mitigado pelas políticas públicas. No mundo, as emissões de  $\text{CO}_2$  provenientes do desmatamento equivalem a 17% do total. O hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ) é o gás com maior poder de aquecimento global, sendo 23 900 vezes mais ativo no efeito estufa do que o  $\text{CO}_2$ . Em conjunto, os gases fluoretados são responsáveis por 1,1% das emissões totais de gases do efeito estufa.

Disponível em: <[http://www.institutocarbonobrasil.org.br/mudancas\\_climaticas/gases\\_do\\_efeito\\_estufa](http://www.institutocarbonobrasil.org.br/mudancas_climaticas/gases_do_efeito_estufa)>.

A respeito dos gases citados no texto, de acordo com a teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência, (VSEPR), é correto afirmar que as moléculas

**Dados:** números atômicos (Z): H = 1, C = 6, N = 7, O = 8, F = 9 e S = 16

- do metano e do gás carbônico apresentam geometria tetraédrica.
- do óxido nitroso e do gás carbônico apresentam geometria angular.
- do hexafluoreto de enxofre apresentam geometria linear.
- do metano apresentam geometria tetraédrica e as do gás carbônico são lineares.
- do óxido nitroso têm geometria angular e as do metano são lineares.

### 20. Famam-BA

C7-H24

O que aconteceria se, por um passe de mágica, a química deixasse de ser utilizada na construção civil? O homem recuaria no tempo e voltaria a morar em cabanas de madeira ou em simples casas de argila. Luz e água quente, só a propiciada pelo sol ou por uma fogueira. Construção de edifícios, nem pensar. Delícias da vida moderna, como poder ligar o chuveiro, assistir à TV, ouvir uma boa música ou algo tão singelo como abrir uma torneira para lavar as mãos, simplesmente desapareceria. Há muitos produtos químicos utilizados, direta ou indiretamente, na construção civil. Torneiras, registros e maçanetas, por exemplo, só ganharam aquele bonito brilho após passarem por vários tratamentos químicos. Cianetos de sódio e de cobre, com barrilha ou soda cáustica, dentre outros, foram utilizados para proteger o metal contra a corrosão. Depois, sulfato e

cloreto de níquel, junto com ácido bórico e aditivos, completaram o tratamento. O ácido crômico e o ácido sulfúrico deram brilho ao metal. E, se a sua torneira, maçaneta ou suportes têm aquele tom acobreado, saiba que ele foi obtido pela ação dos cianetos de cobre, de zinco e de sódio. A química pode até ter nomes bastante complicados, mas uma coisa é certa: ela não só está morando com você, como está presente em vários outros produtos e utensílios utilizados na decoração de sua casa e nas atividades do seu dia a dia. Mas essa é outra história. De toda forma, é sempre bom lembrar que, sem a química, seria muito mais difícil chegar em casa, após um duro dia de trabalho, e exclamar: “lar, doce lar”. Considerando a parte elétrica da construção,

o cobre metálico é bastante utilizado na confecção de fios condutores de eletricidade. Fundamentado na propriedade de condutividade elétrica dos metais, pode-se afirmar, a respeito do fio de cobre, que

- a) é constituído de moléculas.
- b) é constituído de íons metálicos positivos em posições ordenadas, com os elétrons de valência movimentando-se em todo o fio.
- c) as forças eletrostáticas que unem os átomos de cobre no fio são resultantes das interações dipolo-dipolo.
- d) as ligações nele existentes são covalentes.
- e) seus átomos estão unidos por ligações iônicas.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## 8

## POLARIDADE DE LIGAÇÕES E DE MOLÉCULAS

- Polaridade das ligações
- Polaridade das ligações iônicas
- Polaridade das ligações covalentes
- Polaridade das moléculas
- Moléculas não polares
- Moléculas polares
- Polaridade e solubilidade

## HABILIDADES

- Utilizar o modelo de átomo nuclear e a distribuição eletrônica (elétrons de valência) para explicar a polaridade e a não polaridade das ligações químicas iônicas e covalentes.
- Prever a polaridade de ligações e de moléculas por meio de propriedades e características dos elementos.
- Compreender a distribuição de cargas nas moléculas.
- Relacionar a polaridade com a eletronegatividade.
- Relacionar solubilidade com polaridade.

A polaridade de uma ligação química se dá pela diferença ou não de eletronegatividade presente entre os átomos envolvidos na referida ligação.

## Polaridade das ligações

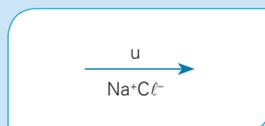
Uma ligação química é **polar** (possui polos) quando ocorre entre átomos que possuem diferenças na eletronegatividade; o elemento mais eletronegativo atrai os elétrons da ligação química, adquirindo carga ou densidade negativa, e o elemento menos eletronegativo, carga ou densidade positiva.

Quanto maior a eletronegatividade entre os átomos, menor é o comprimento de ligação.

## POLARIDADE DAS LIGAÇÕES IÔNICAS

As ligações iônicas são formadas por elementos que apresentam grande diferença na eletronegatividade (metal + não metal). Essa diferença é tão grande que os não metais (elementos mais eletronegativos) recebem os elétrons dos metais. A “força” com que os elementos mais eletronegativos “puxam” os elétrons é denominada **momento dipolar ( $\mu$ )**, grandeza vetorial cuja direção é a do eixo dipolo, orientado do polo positivo para o polo negativo.

Na formação do cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ), o elemento químico cloro (família dos halogênios) é muito mais eletronegativo do que o sódio (metal alcalino). Nessa ligação, o momento dipolar ( $\mu$ ) está apontado para o  $\text{Cl}$ , que retira o elétron do sódio ( $\text{Na}$ ) ficando com carga negativa ( $\text{Cl}^-$ ); consequentemente, o sódio fica com carga positiva ( $\text{Na}^+$ ).



Dizemos, então, que toda **ligação iônica é polar** (possui polos).

O químico e físico norte-americano Linus Pauling (1901-1994) construiu uma escala de eletronegatividades, atribuindo ao elemento mais eletronegativo, o flúor, o valor 4,0. As eletronegatividades dos demais elementos foram determinadas em comparação com as do flúor. Na tabela a seguir, estão representados o símbolo e a eletronegatividade dos elementos até o gás nobre Rn.

Os gases nobres, por serem inertes, não têm tendência em atrair elétrons de outros átomos; portanto, não apresentam valores de eletronegatividade.

Quanto maior for a diferença de eletronegatividade ( $\Delta$ ) entre os elementos, maior será o caráter iônico da ligação.

Quando essa diferença ultrapassa o valor 1,7, a ligação terá caráter predominantemente iônico.

Exemplos



# ELETRONEGATIVIDADE

|           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |    |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|
| H<br>2,1  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | He |
| Li<br>1,0 | Be<br>1,6 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | B<br>2,0  | C<br>2,5  | N<br>3,0  | O<br>3,5  | F<br>4,0  | Ne |
| Na<br>0,9 | Mg<br>1,2 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | Al<br>1,5 | Si<br>1,8 | P<br>2,1  | S<br>2,5  | Cl<br>3,0 | Ar |
| K<br>0,8  | Ca<br>1,0 | Sc<br>1,3 | Ti<br>1,5 | V<br>1,6  | Cr<br>1,6 | Mn<br>1,5 | Fe<br>1,8 | Co<br>1,9 | Ni<br>1,9 | Cu<br>1,9 | Zn<br>1,6 | Ga<br>1,6 | Ge<br>1,8 | As<br>2,0 | Se<br>2,4 | Br<br>2,8 | Kr |
| Rb<br>0,8 | Sr<br>1,0 | Y<br>1,2  | Zr<br>1,4 | Nb<br>1,6 | Mo<br>1,8 | Tc<br>1,9 | Ru<br>2,2 | Rh<br>2,2 | Pd<br>2,2 | Ag<br>1,9 | Cd<br>1,7 | In<br>1,7 | Sn<br>1,8 | Sb<br>1,9 | Te<br>2,1 | I<br>2,5  | Xe |
| Cs<br>0,7 | Ba<br>0,9 | La<br>1,0 | Hf<br>1,3 | Ta<br>1,5 | W<br>1,7  | Re<br>1,9 | Os<br>2,2 | Ir<br>2,2 | Pt<br>2,2 | Au<br>2,4 | Hg<br>1,9 | Tl<br>1,8 | Pb<br>1,9 | Bi<br>1,9 | Po<br>2,0 | At<br>2,1 | Rn |

baixo

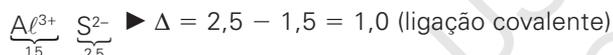
médio

alto

Valores de eletronegatividade para alguns elementos da Tabela Periódica.

Quando essa diferença for menor que 1,7, a ligação apresentará caráter predominantemente covalente.

## Exemplo



Consequentemente, podemos afirmar que existe uma transição gradativa entre as ligações covalentes e iônicas, à proporção que o valor de  $\Delta$  aumenta. Podemos, então, construir a seguinte tabela:

|  |      |     |     |     |     |     |     |     |
|--|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Diferença de eletronegatividade ( $\Delta$ ) | 0,0  | 0,5 | 1,0 | 1,6 | 1,7 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
| Porcentagem de caráter iônico da ligação     | zero | 6%  | 22% | 47% | 51% | 63% | 79% | 89% |

Ligações predominantemente covalentes

Ligações predominantemente iônicas

## Resumo

Ligações covalentes polares:  $0 < \Delta < 1,7$

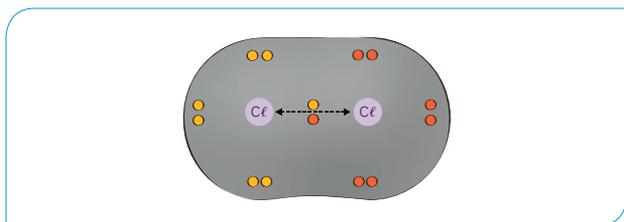
Ligações iônicas:  $1,7 < \Delta < 3,3$

## POLARIDADE DAS LIGAÇÕES COVALENTES

Na ligação covalente, não há formação de íons. Em muitas substâncias, apesar de os átomos não terem perdido nem ganhado elétrons, as cargas elétricas não são distribuídas de forma homogênea, fazendo com que partes distintas das moléculas fiquem positivas e outras, negativas.

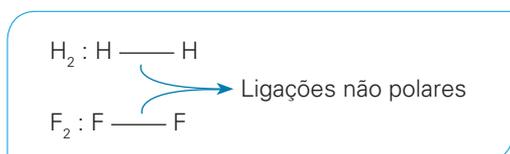
### Ligações covalentes não polares

É a ligação que ocorre quando os dois elétrons da ligação estão igualmente compartilhados pelos dois núcleos, ou seja, não há diferença de eletronegatividade entre os dois átomos que se ligam. Dessa maneira, o par eletrônico compartilhado encontra-se simetricamente distribuído entre os dois átomos ligantes.



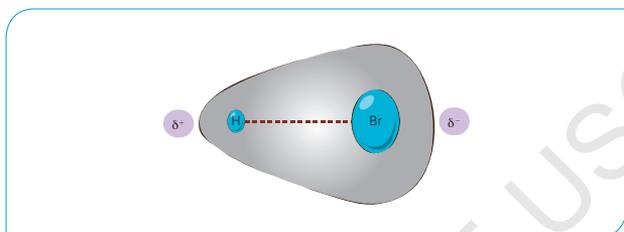
Portanto, ocorre sempre que dois átomos idênticos se ligam.

### Exemplos

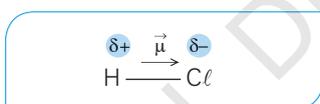


### Ligações covalentes polares

Ocorre entre átomos que possuem eletronegatividades diferentes. Assim, ocorrerá uma distorção da nuvem eletrônica no sentido do átomo mais eletronegativo, produzindo uma carga parcialmente positiva e uma carga parcialmente negativa. Os núcleos serão assimétricos.



### Exemplo



Como o cloro é mais eletronegativo que o hidrogênio, ele atrai para mais próximo de si o par de elétrons compartilhado, originando a formação de um dipolo.

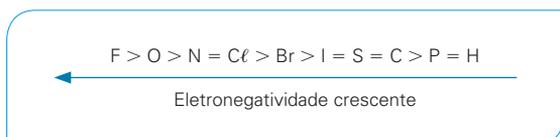
Assim, o cloro, por ser mais eletronegativo, adquire uma carga parcial negativa ( $\delta^-$ ), e o hidrogênio, uma carga parcial positiva ( $\delta^+$ ).

O momento dipolar dessa ligação aponta para o cloro e possui intensidade **maior** do que a ligação covalente **não polar** e menor do que a ligação iônica.

### Observação

Nas ligações covalentes, quanto maior for a diferença entre as eletronegatividades dos átomos constituintes, menor será o caráter covalente da ligação.

Para analisar a diferença de eletronegatividade entre os átomos, utilizamos a escala proposta por Linus Pauling.



## Polaridade das moléculas

A soma de todas as tendências eletronegativas (distorções das nuvens eletrônicas) pode gerar uma divisão de cargas, caracterizando uma "face negativa" e uma "face positiva" na molécula.

A polaridade de uma molécula dependerá, então, de sua **geometria molecular** e do **tipo de ligação** (polar ou não polar) que ocorre entre os átomos.

### MOLÉCULAS NÃO POLARES

Quando dois átomos idênticos, por exemplo, dois átomos de flúor, são conectados por uma ligação covalente, os elétrons são divididos igualmente e a ligação é não polar.

Na ligação covalente entre os átomos de flúor (F), os dois átomos participantes atraem simultaneamente o par de elétrons para a sua eletrosfera. Os núcleos exercem a mesma força de atração sobre os elétrons envolvidos na ligação química.

Vejam os casos em que ocorrem moléculas não polares.

- a) Quando todas as ligações entre os átomos formadores da molécula forem não polares (iguais ou com a mesma eletronegatividade).

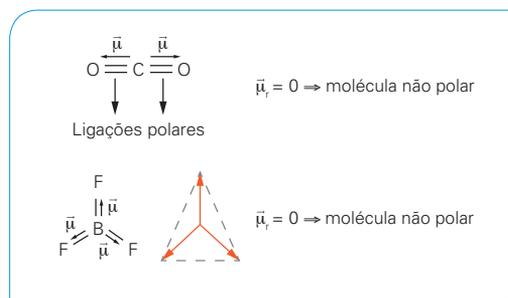
#### Exemplo



- b) Quando a soma vetorial total (vetor momento dipolar resultante dos momentos dipolares) for igual a zero ( $\mu_r = 0$ ).

O dipolo é representado com uma seta apontando na direção em que uma carga positiva iria em direção ao final negativo da ligação.

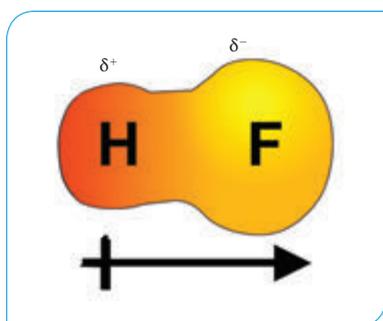
#### Exemplos



### Molécula polar

Quando dois átomos diferentes são unidos por uma ligação covalente, um átomo geralmente tem uma maior tendência para atrair os elétrons compartilhados para si. O átomo com maior capacidade de atração de elétrons tem maior eletronegatividade. Ele terá uma carga negativa parcial, e o outro átomo terá uma carga positiva parcial. Dizemos que o

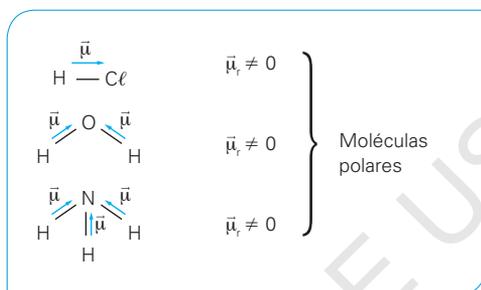
vínculo é polar e tem um dipolo, porque tem um “polo” parcialmente positivo e um “polo” parcialmente negativo.



As cargas negativas (elétrons) tendem a se distribuir mais próximo do flúor, pois ele as atrai mais fortemente. Passa, então, a haver aí um polo negativo e, na região do hidrogênio, um polo positivo.

A soma vetorial total (vetor momento dipolar resultante) é diferente de zero, ou seja, o somatório das tendências eletronegativas apresenta uma resultante diferente de zero.

### Exemplos



## Polaridade e solubilidade

Por experiência do dia a dia, sabemos que o sal e o açúcar se dissolvem bem na água, e o óleo e a água formam uma mistura heterogênea.

No estudo da solubilidade, os químicos costumam utilizar a frase “os semelhantes dissolvem-se”; querendo dizer que substâncias de polaridade semelhante tendem a dissolver-se umas nas outras.

| Substância A                                | Substância B  | Tendência à dissolução |
|---|---|------------------------|
| Polar<br>Exemplos: cloreto de sódio, açúcar | Polar<br>Exemplo: água                                  | sim                    |
| Não polar<br>Exemplo: óleo                  | Não polar<br>Exemplos: benzeno, tetracloreto de carbono | sim                    |
| Polar<br>Exemplo: água                      | Não polar<br>Exemplo: óleo                              | não                    |

A gasolina é uma mistura de líquidos não polares, denominados alcanos. Na gasolina brasileira, há, em geral, 24% (em volume) de álcool etílico dissolvido. Como explicar essa solubilidade se o álcool etílico é uma substância polar?

As regras de solubilidade representam apenas uma tendência geral. Portanto, o ideal é analisar cada situação com as devidas comprovações experimentais.

No caso da solubilidade do álcool etílico na gasolina, devemos concluir que o álcool é fracamente polar, o que permite sua solubilidade na água (polar) e na gasolina. Também podemos concluir que ele é mais solúvel na água que na gasolina.

# ROTEIRO DE AULA

## LIGAÇÃO QUÍMICA

Ligação covalente

---



---

Ligação iônica

Não polar

---



---

Polar

Sempre será uma ligação polar

---



---

$\text{Cl} - \text{Cl}$

---

$\text{H} - \text{F}$

$\text{Na}^+ \text{Cl}^-$

---

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## ROTEIRO DE AULA

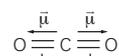
## MOLÉCULA

Polar

Não polar

Os vetores não se anulam

Os vetores se anulam

 $\mu_r \neq 0$  $\mu_r = 0$  $\vec{\mu}_r = 0 \Rightarrow$  molécula não polar

Ligações polares

 $\vec{\mu}_r = 0 \Rightarrow$  molécula não polar

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

**1. UnitaU-SP** – A ligação covalente é um tipo de ligação química. Analise as afirmativas a seguir em relação a essa ligação.

- I. Quando a ligação covalente ocorre entre átomos de diferentes eletronegatividades, é denominada ligação covalente não polar.
- II. Os polos positivos e negativos da molécula, cujos átomos estão unidos por ligação covalente, são representados por  $\delta^+$  e  $\delta^-$ , respectivamente.
- III. Numa ligação que é 100% covalente, a ligação entre dois átomos apresenta um valor de momento dipolar nulo.

Está correto o que se afirma em

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

I) Incorreta. Em um compartilhamento entre átomos diferentes, o par de elétrons será atraído com intensidades diferentes. Nesse caso, a ligação é polar.

II) Correta. A densidade de carga ( $\delta$ ) indica qual a polaridade em função do átomo mais e menos eletronegativo.

III) Correta. Quando a ligação for 100% covalente, significa que não há diferença de eletronegatividade entre os átomos, portanto a ligação será não polar.

**2. UEM-PR** – Assinale as afirmativas corretas.

- 01) O diclorometano ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) é um composto tetraédrico e não polar.
- 02) O dissulfeto de carbono ( $\text{CS}_2$ ) é um composto angular e solúvel em água.
- 04) O tetraclorometano ( $\text{CCl}_4$ ) é um composto não polar, portanto dissolve-se em hexano.
- 08) O dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) é um composto linear e não polar.
- 16) O trifluoreto de boro ( $\text{BF}_3$ ) é um composto piramidal e polar.

Dê a soma das afirmativas corretas.

12 (04 + 08)

01) Incorreta. No composto diclorometano, o carbono é mais eletronegativo que o hidrogênio, e o cloro é mais eletronegativo que o carbono.

Portanto, o composto é polar.

02) Incorreta. O composto dissulfeto de carbono é linear.

04) Correta.

08) Correta.

16) Incorreta. O composto é trigonal plano e não polar.

**3. IFBA**

C7-H24

A respeito da geometria, polaridade e ligações químicas das moléculas dos compostos, previstas por suas estruturas de Lewis, pode-se afirmar corretamente que

- a) a molécula do  $\text{PCl}_3$  possui geometria trigonal plana.
- b) na molécula tetraédrica do  $\text{POCl}_3$  as ligações químicas  $\text{P} - \text{Cl}$  são covalentes polares.**
- c) no íon amônio os ângulos de ligação  $\text{H}-\text{N}-\text{H}$  são iguais aos ângulos  $\text{H}-\text{N}-\text{H}$  da amônia.
- d) o comprimento da ligação  $\text{H}-\text{Te}$  no  $\text{H}_2\text{Te}$  é menor que o da ligação  $\text{H}-\text{I}$  no composto  $\text{HI}$ .
- e) no composto polar  $\text{COCl}_2$ , os átomos da molécula dispõem-se nos vértices de uma pirâmide com base triangular.

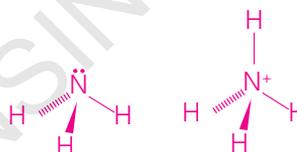
a) Incorreta. A molécula  $\text{PCl}_3$  possui geometria piramidal.



b) Correta. A molécula do  $\text{PCl}_3$  é tetraédrica e cada ligação é do tipo covalente polar, em razão da diferença de eletronegatividade entre esses elementos.



c) Incorreta. Os ângulos formados pelos átomos  $\text{H}-\text{N}-\text{H}$  são diferentes dos ângulos  $\text{H}-\text{N}-\text{H}$  do íon amônio, em razão da diferença em sua geometria molecular.



d) Incorreta. Quanto maior a eletronegatividade entre os átomos, menor é o comprimento de ligação; como o iodo é mais eletronegativo que o telúrio, sua ligação com o hidrogênio será menor que a do telúrio com o hidrogênio.

e) Incorreta. O composto  $\text{COCl}_2$  possui geometria trigonal plana.

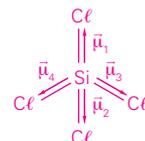
**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

**4. UECE** – O tetracloreto de silício é usado na fabricação de silício de qualidade, fibras óticas, semicondutores e células voltaicas. Analisando sua fórmula, pode-se afirmar corretamente que seu momento dipolar

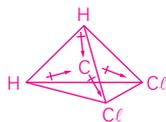
- a) é nulo, porque a soma vetorial dos momentos de suas ligações é zero.**
- b) é significativo, porque o átomo central apresenta baixa eletronegatividade.
- c) é nulo, porque se trata de uma estrutura plana.
- d) é significativo, porque todas as suas ligações são polares.

O momento dipolar resultante do tetracloreto de silício é nulo, pois a resultante vetorial da soma dos vetores momento dipolo elétrico é nula. Esquemáticamente:

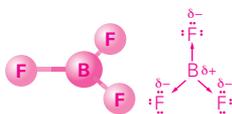


**5. UFRR (adaptado)** – O modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência ou VSEPR (sigla de origem inglesa, *valence shell electron-pair repulsion*) é utilizado com frequência para prever a geometria de moléculas. Tal modelo baseia-se no princípio de que os pares de elétrons ao redor de um átomo tendem a se posicionar o mais afastado possível uns dos outros de modo a minimizar as repulsões eletrônicas. Sabendo que a polaridade das moléculas está relacionada também à sua geometria, qual a polaridade de cada uma das seguintes moléculas:  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{BeCl}_2$ ? Justifique com a apresentação das fórmulas estruturais das moléculas.

$\text{CH}_2\text{Cl}_2$ : polar



$\text{BF}_3$ : não polar



$\text{H}_2\text{S}$ : polar



$\text{BeCl}_2$ : não polar



**6. UEA-AM** – A água tem propriedades únicas que a tornam indispensável à vida na Terra. Essas propriedades decorrem das características de suas moléculas, que apresentam

- ligações covalentes entre os átomos, geometria angular e são não polares.
- ligações covalentes entre os átomos, geometria linear e são polares.
- ligações covalentes entre os átomos, geometria angular e são polares.
- ligações iônicas entre os átomos, geometria linear e são não polares.
- ligações iônicas entre os átomos, geometria angular e são polares.

Na molécula da água, o oxigênio estabelece duas ligações covalentes com dois átomos de hidrogênio. Apresenta geometria molecular angular.



O átomo de oxigênio é mais eletronegativo que o de hidrogênio, portanto a molécula de água é polar.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. UEM-PR** – A partir dos conceitos da “Teoria de repulsão dos pares de elétrons de valência”, assinale a(s) alternativa(s) correta(s) a respeito da geometria e da polaridade das moléculas.

- As moléculas de dióxido de carbono, dissulfeto de carbono e difluoreto de xenônio são lineares e não polares.
- As moléculas de trióxido de enxofre e de trifluoreto de boro não são lineares e, portanto, são polares.
- As moléculas de água e de amônia apresentam pares de elétrons livres e polaridade diferente de zero.
- Por apresentarem geometria tetraédrica, as moléculas de metano, diclorometano, de diclorometano, de clorofórmio e de tetracloreto de carbono são todas não polares.
- Todas as moléculas diatômicas são lineares, sendo não polares quando compostas de 2 átomos iguais e polares quando compostas de 2 átomos diferentes.

Dê a soma da(s) alternativa(s) correta(s).

---



---



---



---



---

### 8. PUC-SP

As moléculas podem ser classificadas em polares e não polares. A polaridade de uma molécula pode ser determinada pela soma dos vetores de cada uma das ligações. Se a soma for igual a zero, a molécula é considerada não polar e, se a soma for diferente de zero,

a molécula é considerada polar. Para determinar essa soma, são importantes dois fatores: a eletronegatividade dos átomos presente nas moléculas e a geometria da molécula. A figura a seguir representa quatro moléculas em que átomos diferentes estão representados com cores diferentes.



Assinale a alternativa que apresenta a associação correta entre o número, a possível molécula, a geometria molecular e a polaridade, respectivamente.

- I –  $\text{CO}_2$  – linear – polar
- II –  $\text{H}_2\text{O}$  – angular – não polar
- III –  $\text{NH}_3$  – trigonal plana – não polar
- IV –  $\text{CH}_4$  – tetraédrica – não polar

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

9. **UFPE** – Grafite e diamante são substâncias com propriedades bastante distintas, formadas, no entanto, pelo mesmo elemento, o carbono ( $Z = 6$ ). Sobre essas substâncias, analise as proposições a seguir e indique verdadeiro V ou F falso para cada uma delas.

- ( ) Grafite e diamante são substâncias simples.
- ( ) No diamante, a ligação entre os átomos de carbono é não polar, enquanto na grafite, a ligação é polar.
- ( ) Por serem formadas pelo mesmo elemento, as duas substâncias apresentam a mesma temperatura de fusão.
- ( ) As duas substâncias são variedades alotrópicas do carbono.

10. **UDESC-SC** – Assinale a alternativa correta em relação às características da molécula de amônia ( $\text{NH}_3$ ) e da de tetracloreto de carbono ( $\text{CCl}_4$ ), respectivamente:

- a) polar e solúvel em água; polar e solúvel em água.
- b) polar e pouco solúvel em água; não polar e muito solúvel em água.
- c) não polar e solúvel em água; polar e solúvel em água.
- d) polar e solúvel em água; não polar e pouco solúvel em água.
- e) não polar e pouco solúvel em água; não polar e pouco solúvel em água.

11. **UEFS-BA** – A temperatura de ebulição e a miscibilidade das substâncias moleculares, a exemplo do sulfeto de carbono,  $\text{CS}_{2(l)}$ , T.E.  $46^\circ\text{C}$ , e da água,  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ , T.E.  $100^\circ\text{C}$ , a 1,0 atm, dependem, dentre outros fatores, da polaridade das moléculas e da intensidade das interações intermoleculares existentes no sistema em análise.

Assim, considerando-se essas informações e os modelos de ligações químicas, é correto afirmar:

- a) A mistura entre o sulfeto de carbono,  $\text{CS}_{2(l)}$ , e água,  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ , resulta em um sistema monofásico.
- b) A fórmula estrutural do sulfeto de carbono é representada por  $\text{S} = \text{C} = \text{S}$ , o que evidencia uma molécula de geometria linear e não polar.
- c) O momento dipolar resultante da soma dos vetores de ligação, na molécula de sulfeto de carbono, é maior do que na molécula de água.
- d) O dióxido de enxofre,  $\text{SO}_{2(g)}$ , é miscível em sulfeto de carbono, em razão das interações do tipo dipolo-dipolo entre as suas moléculas e as do solvente.
- e) A intensidade das interações intermoleculares do sulfeto de carbono é maior do que a intensidade das ligações de hidrogênio existentes entre as moléculas de água.

12. **UEPG-PR** – Considerando as representações a seguir, assinale as afirmativas corretas quanto às ligações químicas desses compostos:

**Dados:** H = 1; O = 8; S = 16; Cl = 17; K = 19; Ca = 20; I = 53

I.  $\text{H}_2\text{S}$

II.  $\text{O}_2$

III.  $\text{CaCl}_2$

IV. KI

01) O composto III é um sal inorgânico formado por ligação iônica.

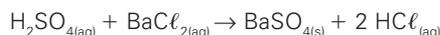
02) O composto II tem moléculas de geometria linear formadas por ligação covalente não polar.

04) O composto I é um ácido inorgânico com ligações do tipo covalente polar.

08) O composto IV, quando puro, é um líquido à temperatura ambiente e essa característica se deve ao tipo de ligação química apresentada.

Dê a soma das afirmativas corretas.

13. **Unicid-SP (adaptado)** – Considere a reação:



Escreva a fórmula estrutural do ácido sulfúrico e do sulfato de bário, indicando os tipos de ligações que formam essas substâncias.

**14. UFGD-MS (adaptado)** – Ao estudar a solubilidade das substâncias I, II e III utilizando água e gasolina como solventes, um estudante obteve os dados apresentados na tabela seguinte:

| Solventes | Substâncias   |           |               |
|-----------|---------------|-----------|---------------|
|           | I             | II        | III           |
| Água      | Solúvel       | Insolúvel | Solúvel       |
| Gasolina  | Pouco solúvel | Solúvel   | Pouco solúvel |

Marque a alternativa que apresenta a afirmação correta em relação aos dados da tabela.

- a) A substância II é polar.  
 b) Pode-se assegurar que I e III correspondem à mesma substância.  
 c) As substâncias II e III são não polares.  
 d) As substâncias I e III são polares.  
 e) São substâncias miscíveis.

**15. Fepar-PR** – Pela análise de amostras de seis meteoritos marcianos, cientistas descobriram que todos continham metano, o que mantém a possibilidade de haver sinais de vida em Marte. O metano pode ser usado como fonte de energia (alimento) para formas primitivas de vida na superfície marciana, pois há micróbios na Terra que fazem isso.

Sobre a molécula de metano ( $\text{CH}_4$ ), julgue as afirmativas em verdadeiras V ou falsas F.

- ( ) As moléculas de metano são não polares.  
 ( ) O carbono do metano possui quatro orbitais híbridos na forma  $\text{sp}^3$ , formando ângulos de  $109^\circ 28'$ .  
 ( ) A molécula de metano possui geometria piramidal.  
 ( ) O metano é o principal componente do gás natural (GNV).

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

**16. PUCCamp-SP** – O quartzo é um mineral cuja composição química é  $\text{SiO}_2$ , dióxido de silício. Considerando os valores de eletronegatividade para o silício e oxigênio, 1,8 e 3,5, respectivamente, e seus grupos da Tabela Periódica (o silício pertence ao grupo 14 e o oxigênio, ao grupo 16), prevê-se que a ligação entre esses átomos seja

- a) covalente não polar.      d) iônica.  
 b) covalente coordenada.      e) metálica.  
 c) covalente polar.

**17. PUC-RJ** – O flúor é um elemento de número atômico 9 e possui apenas um isótopo natural, o  $^{19}\text{F}$ . Sobre esse elemento e seus compostos, é correto afirmar que

- a) o isótopo natural do flúor possui 9 nêutrons.  
 b) o íon  $\text{F}^-$  tem 8 elétrons.  
 c) o flúor é um elemento da família dos elementos calcogênios.  
 d) se tem uma ligação covalente polar, no gás flúor,  $\text{F}_2$ .  
 e) o flúor é mais eletronegativo que o hidrogênio, na molécula do ácido fluorídrico, HF.

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. Mackenzie-SP

C7-H24

Assinale a alternativa que apresenta compostos químicos que possuam, respectivamente, ligação covalente polar, ligação covalente não polar e ligação iônica.

- a)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{NaCl}$ .      d)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  e  $\text{KCl}$ .  
 b)  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{O}_3$  e  $\text{HBr}$ .      e)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2$  e  $\text{HCl}$ .  
 c)  $\text{CH}_4$ ,  $\text{SO}_2$  e  $\text{HI}$ .

### 19. PUC-MG - (adaptado)

C7-H24

As ligações covalentes podem ser classificadas em dois tipos: ligações covalentes polares e ligações covalentes não polares. Observando a polaridade das ligações e a geometria da molécula, somos capazes de verificar se uma molécula será polar ou não polar. Com base nisso, assinale a opção que apresenta moléculas exclusivamente não polares.

- a)  $\text{HCl}$ ,  $\text{NO}_2$  e  $\text{O}_2$       b)  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$

c)  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{CCl}_4$  e  $\text{CO}_2$

e)  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CHCl}_3$

d)  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{BF}_3$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$

### 20. Enem

C7-H24

Pesticidas são substâncias utilizadas para promover o controle de pragas. No entanto, após sua aplicação em ambientes abertos, alguns pesticidas organoclorados são arrastados pela água até lagos e rios e, ao passar pelas guelras dos peixes, podem difundir-se para seus tecidos lipídicos e lá se acumularem. A característica desses compostos, responsável pelo processo descrito no texto, é o(a)

- a) baixa polaridade.  
 b) baixa massa molecular.  
 c) ocorrência de halogênios.  
 d) tamanho pequeno das moléculas.  
 e) presença de hidroxilas nas cadeias.

## 9

# INTERAÇÕES INTERMOLECULARES, MASSA ATÔMICA, MASSA ATÔMICA MÉDIA E MASSA MOLECULAR

- Interações intermoleculares
- Tipos de interações intermoleculares
- Propriedades físicas e interações intermoleculares

## HABILIDADES

- Identificar a polaridade de ligação em moléculas.
- Prever o tipo de interação intermolecular e a interação íon-dipolo a partir das características de moléculas e íons.

## Interações intermoleculares

São forças de atração entre as moléculas que as mantêm unidas. Ocorrem quando há atrações eletrostáticas (atração entre cargas opostas – não iônicas) entre as moléculas que apresentem um dipolo. São verificadas com maior intensidade nos estados sólido e líquido. Isso praticamente não acontece em estado de vapor, no qual as moléculas estão mais separadas entre si.

Essas forças explicam propriedades como interação e solubilidade de substâncias moleculares.

## Tipos de interações intermoleculares

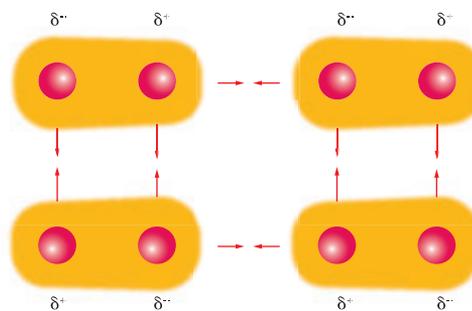
### FORÇAS DE VAN DE WAALS

As interações entre as moléculas são chamadas interações de Van der Waals, em homenagem ao cientista holandês Johannes D. van der Waals (1837-1923), autor da formulação matemática que permitiu sua melhor compreensão.

### FORÇAS DE DISPERSÃO DE LONDON OU DIPOLO INSTANTÂNEO-DIPOLO INDUZIDO

Essa força ocorre entre moléculas **não polares** e é basicamente de natureza elétrica.

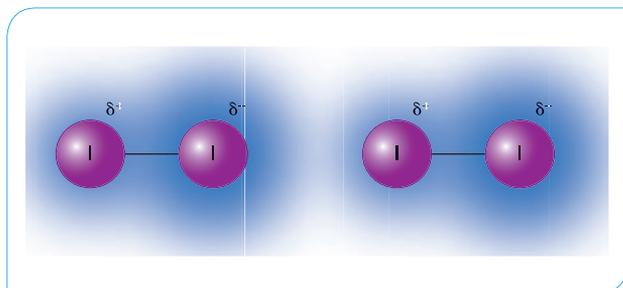
Numa molécula não polar, como  $H_2$ , os elétrons estão equidistantes dos núcleos. Entretanto, em determinado instante, a nuvem eletrônica pode aproximar-se de mais de um dos núcleos, estabelecendo um dipolo instantâneo, o qual, por sua vez, induz as demais moléculas a formar dipolos, originando uma força de atração elétrica, de pequena intensidade entre elas (são fracas).



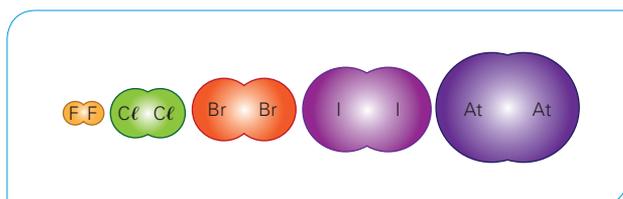
Atração entre as moléculas não polares: um dipolo temporário atrai outro, sucessivamente.

As moléculas unidas por essas forças formam, na fase sólida, os chamados cristais moleculares, como os cristais de gelo-seco ( $CO_2$ ) e os cristais de iodo ( $I_2$ ), que, por estarem unidos por essas forças de pequena intensidade, passam facilmente da fase sólida para a fase gasosa, sofrendo o que chamamos de sublimação.

Dipolos induzidos em moléculas de iodo ( $I_2$ ):



Na série de moléculas não polares  $F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$  e  $I_2$ , as forças de London aumentam nessa sequência, pois o número de elétrons aumenta progressivamente de uma molécula para outra.

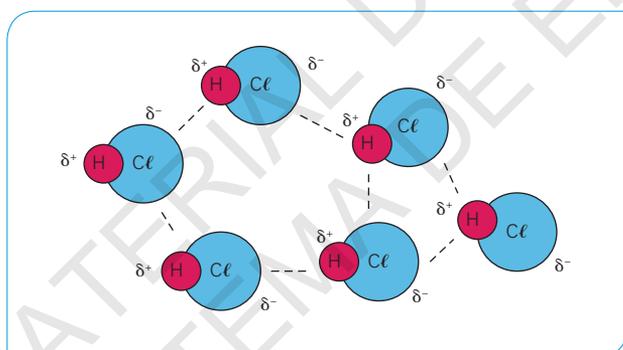


## FORÇAS DE DIPOLO PERMANENTE OU DIPOLO-DIPOLO

São forças de atração de natureza elétrica que ocorrem entre as moléculas **polares**.

Essas moléculas, por apresentarem um dipolo permanente, ou seja, um polo de carga positiva e outro de carga negativa, atraem-se mutuamente, de modo que o polo positivo de uma molécula atrai o polo negativo de outra molécula e, assim, sucessivamente.

### Exemplo

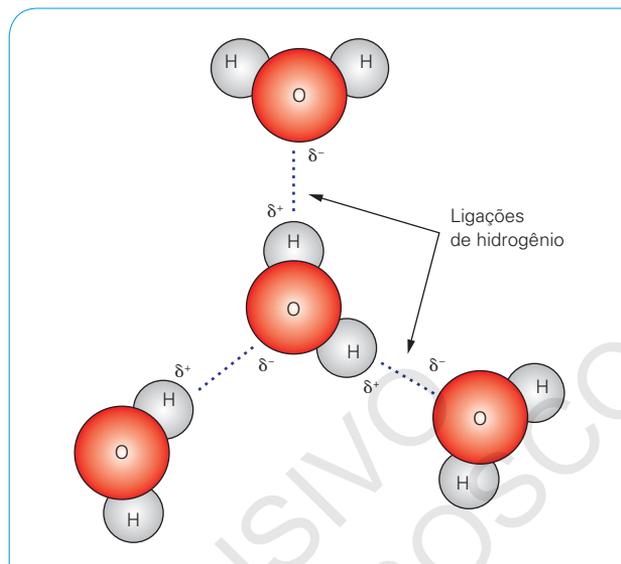


As forças de dipolo permanente são bem mais intensas que as forças de dipolo induzido.

## LIGAÇÕES DE HIDROGÊNIO

São forças de atração de natureza elétrica que também ocorrem entre as moléculas polares (tipo dipolo permanente), sendo, porém, de intensidade muito maior.

Ocorrem quando um átomo de H, ligado a um átomo muito eletronegativo (F, O e N) de uma molécula, é atraído por um par de elétrons não compartilhado no átomo de F, O ou N de outra molécula.



## Propriedades físicas

São características macroscópicas de cada substância, dependentes da polaridade molecular e do tipo de relação intermolecular envolvida.

## TEMPERATURAS DE FUSÃO E DE EBULIÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS MOLECULARES

Basicamente, dois fatores influenciam a temperatura de fusão (TF) e a temperatura de ebulição (TE) das substâncias moleculares: massa molecular e forças intermoleculares. ATF e a TE tendem a crescer com o aumento da massa molecular e das forças intermoleculares.

Quando uma substância molecular muda de estado físico, as moléculas tendem a se separar umas das outras, rompendo, assim, as forças intermoleculares. Quanto maior a força intermolecular, mais unidas estarão as moléculas. Nessa situação, mais difícil será separá-las, sendo necessário mais calor para que isso ocorra; portanto, maiores serão as temperaturas de fusão e de ebulição da substância.

## MOLÉCULAS COM MASSAS MOLECULARES APROXIMADAMENTE IGUAIS

Comparando-se substâncias covalentes de massas molares próximas, as temperaturas de fusão e de ebulição vão variar conforme a intensidade da força intermolecular existente.

Ligações de hidrogênio > dipolo permanente > forças de dipolo induzido

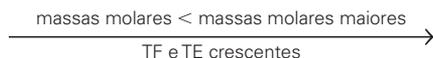
**Quanto mais forte a ligação intermolecular, maiores as temperaturas de fusão e ebulição.**

Exemplo:



## MOLÉCULAS COM O MESMO TIPO DE INTERAÇÃO INTERMOLECULAR

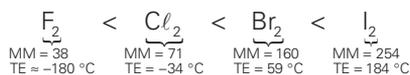
Considerando-se moléculas com o mesmo tipo de força intermolecular, teremos:



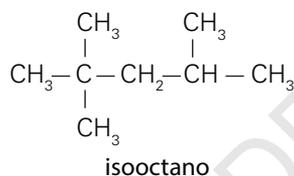
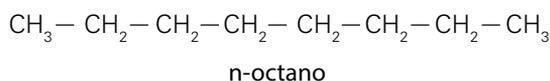
Essa propriedade depende diretamente de massas molares.

**Quanto maior a massa molar, maiores as temperaturas de fusão e ebulição.**

**Exemplo:**



O n-octano ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ) tem a mesma massa molecular que o isooctano ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ); a força intermolecular existente é igual, e sua intensidade depende da superfície de contato e da polarizabilidade da molécula.



Como os compostos apresentam a mesma massa molecular, o mais ramificado, isooctano, apresentará menor superfície de contato, o que resultará em interação intermolecular mais fraca quando comparada à do composto n-octano e, como consequência, em menor temperatura de ebulição.

## Massa atômica e massa molecular

### UNIDADE DE MASSA ATÔMICA (u.m.a. / u)

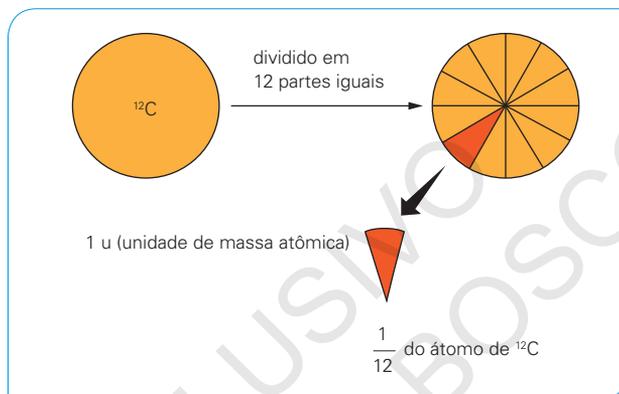
A massa de um corpo é determinada sempre em relação a um padrão já estabelecido.

A unidade de massa, u, não pertence ao SI e foi oficialmente adotada pela IUPAP (*International Union of Pure and Applied Physics*) em 1960, e pela IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), em 1961.

A **unidade de massa unificada (1 u)**, chamada de **massa-padrão**, surgiu das análises relativas entre os átomos de todos os elementos com o átomo de  $^{12}\text{C}$ .

Com isso, determinou-se que o átomo, cuja menor relação numérica com a unidade-padrão de massa correspondia ao elemento hidrogênio, apresenta massa correspondente a  $\frac{1}{12}$  da massa de um átomo do isótopo 12 do carbono.

Portanto:



O valor em gramas de 1 u ( $\frac{1}{12}$  do  $^{12}\text{C}$ ) é de  $1,66 \cdot 10^{-24}$  g, o que corresponde aproximadamente à massa de um próton ou de um nêutron, conforme o cálculo a seguir:

$$\begin{aligned} 1 \text{ u.m.a.} &= \frac{\text{massa do } ^{12}\text{C}}{12} = \frac{1,99 \cdot 10^{-23} \text{ g}}{12} = \\ &= 1,658 \cdot 10^{-24} \text{ g} \approx 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g} \end{aligned}$$

### MASSA ATÔMICA (MA)

Ao se comparar a massa de um átomo de um determinado elemento com a unidade de massa atômica (1 u), obtém-se a massa desse átomo. Todas as massas atômicas dos diferentes átomos foram determinadas de forma experimental (espectrômetro de massa) e com grande precisão; esses valores, porém, são relativos à massa do isótopo de carbono-12. Quando se arredondam os valores das massas atômicas, essas são iguais ao número de massa (A) dos átomos e, geralmente, são utilizados para cálculos no lugar da massa atômica. Na tabela a seguir, alguns exemplos.

| Átomo                 | Número de massa (A) | Massa atômica |
|-----------------------|---------------------|---------------|
| $^{11}_5\text{B}$     | 11                  | 11,0093 u     |
| $^{24}_{12}\text{Mg}$ | 24                  | 23,9850 u     |
| $^1_1\text{H}$        | 1                   | 1,0078 u      |

A massa atômica é o número que indica quantas vezes a massa de um átomo de um determinado elemento é maior do que 1 u, ou seja, mais pesado que  $\frac{1}{12}$  do átomo de  $^{12}\text{C}$ .

### Exemplos

Quando dizemos que a massa atômica do átomo de  $^{16}\text{O}$  é igual a 16 u, concluímos que:

- a massa atômica de um átomo de  $^{16}\text{O}$  é igual a 16 u;
- a massa atômica de um átomo de  $^{16}\text{O}$  é igual a 16 vezes a massa de  $\frac{1}{12}$  do átomo de  $^{12}\text{C}$ ;
- a massa de um átomo de  $^{16}\text{O}$  é aproximadamente igual a 1,33 vezes a massa de um átomo de  $^{12}\text{C}$ .

O que não podemos confundir é o número de massa com a massa atômica. Esses valores são numericamente diferentes. O número de massa é a soma de número de prótons e nêutrons (estes possuem valores de massa muito maiores que os elétrons, portanto são eles que contribuem para a massa do átomo), e, como são partículas, o número de massa será sempre um valor inteiro e maior do que zero.

Já a massa atômica é resultado da soma das massas dos prótons e nêutrons, os quais possuem valores de massas iguais e ainda temos uma pequena contribuição em relação à massa dos elétrons.

Concluímos, então, que a massa atômica será, em sua maioria, um número não inteiro. Quando arredondamos a massa atômica para um número inteiro mais próximo, o resultado coincide numericamente com o número de massa. A tabela a seguir mostra as massas das partículas prótons, nêutrons e elétrons, para evidenciar a diferença entre suas massas.

| Partícula subatômica | Massa                     |              |
|----------------------|---------------------------|--------------|
|                      | Gramas                    | Relativa     |
| Elétron              | $9,109383 \cdot 10^{-28}$ | 0,0005486799 |
| Próton               | $1,672622 \cdot 10^{-24}$ | 1,007276     |
| Nêutron              | $1,674927 \cdot 10^{-24}$ | 1,008665     |

### MASSA DE UM ELEMENTO

Inicialmente, é interessante lembrar que um elemento químico é definido como o conjunto de átomos que apresenta o mesmo número atômico (mesmo número de prótons no núcleo), mas não necessariamente a mesma massa. Em função disso, a maioria dos elementos apresenta isótopos. O boro, por exemplo, é formado por uma mistura de 2 isótopos, em que um tem massa aproximada de 10 u, e outro, de 11 u. Pode-se afirmar que, em uma amostra natural de boro, será encontrada a mesma proporção desses isótopos, não importando o local de onde foi coletada essa amostra. Essa proporção é conhecida como **porcentagem isotópica** e é imprescindível para a determinação da **massa do elemento**.

$$\text{Elemento boro} \left\{ \begin{array}{l} {}^{10}_5\text{B} \rightarrow 20\% \\ {}^{11}_5\text{B} \rightarrow 80\% \end{array} \right.$$

Para o cálculo da massa atômica do elemento do boro, é utilizada a média ponderada das massas isotópicas e das porcentagens isotópicas:

$$MA_B = \frac{20 \cdot 10 + 80 \cdot 11}{100} = 10,8 \text{ u}$$

Sendo assim, a massa atômica de um elemento hipotético X, constituído dos isótopos naturais  $X_1$ ,  $X_2$ , ...,  $X_n$ , pode ser calculada por:

$$MA_A = \frac{A_1 \cdot \%_1 + X_2 \cdot \%_2 + \dots + X_n \cdot \%_n}{100}$$

$$\%_1 + \%_2 + \dots + \%_n = 100$$

### MASSA MOLECULAR (MM)

Os átomos buscam estabelecer ligações para que possam adquirir estabilidade e acabam por formar as moléculas, que apresentam uma quantidade definida de átomos, e cuja massa pode ser obtida pela soma das massas atômicas dos átomos que as constituem.

Como as moléculas são formadas por um grupo de átomos ligados entre si, a unidade-padrão usada para relacionar suas massas é a mesma usada para os átomos: a unidade de massa atômica (u).

Dessa maneira:

- massa molecular é a soma das massas atômicas dos átomos que constituem a molécula; ou, ainda,
- massa molecular é o número que indica quantas vezes a massa de uma molécula é maior do que 1 u, ou seja, do que  $\frac{1}{12}$  do átomo de  $^{12}\text{C}$ .

#### Exemplo

Quando dizemos que a massa molecular da água,  $\text{H}_2\text{O}$ , é 18 u, concluímos que:

- a massa de uma molécula de  $\text{H}_2\text{O}$  é 18 u;
- a massa de uma molécula de  $\text{H}_2\text{O}$  é 18 vezes maior que a de  $\frac{1}{12}$  do átomo de carbono-12;
- a massa de uma molécula de  $\text{H}_2\text{O}$  é 1,5 vez maior que a de um átomo de carbono-12.

#### Observação

#### COMPOSTOS IÔNICOS

Em um composto iônico, a fórmula representa a proporção entre cátions e ânions, e não suas quantidades absolutas. Dessa forma, a massa é denominada massa-fórmula. Assim, calculamos apenas a massa da menor proporção quantitativa dos íons presentes na estrutura.

#### Exemplo

Quando dizemos que a massa-fórmula do cloreto de sódio,  $\text{NaCl}$ , é 58,5 u, concluímos que:

- a massa da menor proporção dos íons presentes na estrutura do  $\text{NaCl}$  é 58,5 u;
- a massa da menor proporção dos íons presentes na estrutura do  $\text{NaCl}$  é 58,5 vezes maior do que  $\frac{1}{12}$  do átomo de carbono-12;
- a massa da menor proporção dos íons presentes na estrutura do  $\text{NaCl}$  é 4,875 vezes maior do que um átomo de carbono-12.

# ROTEIRO DE AULA

## Interações intermoleculares

Moléculas não polares

---



---

Moléculas polares

Dipolo induzido - dipolo induzido

---



---

Dipolo permanente –  
dipolo permanente

Ligação de hidrogênio

---



---

$H_2$

$HCl$

---

Condição:

H ligado a F, O, N

---

$H_2O$

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## ROTEIRO DE AULA

## Padrão de massa (u)

$$\frac{1}{12} \text{ do } ^{12}\text{C}$$

**Massa atômica**

**Massa atômica média**

**Massa molecular**

Exemplo  $^{10}\text{B}$

**Tabelada**

**Massa do elemento  
(conjunto de átomos)**

Média Ponderada

Exemplo

$$MA_B = \frac{20 \cdot 10 + 80 \cdot 11}{100} = 10,8 \text{ u}$$

**Somatório das massas atômicas dos átomos que formam a molécula**

Exemplo  $\text{H}_2\text{SO}_4$

$$MM = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 98 \text{ u}$$

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

## 1. PUC-RS

John Dalton foi o responsável por introduzir no âmbito da ciência a teoria atômica, nos primeiros anos do século XIX. Nessa época, ainda não se conseguia saber quantos átomos de cada elemento entravam na composição das moléculas simples. Hoje, sabemos que a fórmula da molécula da água é  $H_2O$  e que a da amônia é  $NH_3$ . Dalton supôs que as moléculas mais simples eram combinações 1 : 1; assim, a água seria HO e a amônia, NH. Dalton introduziu uma escala de massas atômicas baseada no hidrogênio, que tinha massa 1. Na época de Dalton, acreditava-se que, em massa, a água tinha  $\frac{1}{8}$  de hidrogênio, e que a amônia tinha  $\frac{1}{6}$  de hidrogênio. Com isso, foi possível concluir que as massas atômicas do oxigênio e do nitrogênio valiam, respectivamente,

- a) 7 e 5  
b) 8 e 6  
c) 9 e 7  
d) 16 e 14  
e) 32 e 28

De acordo com Dalton, teremos:

Massa de água = 8

Massa de hidrogênio = 1

Fórmula da água = HO

$$8 = 1 + M_{\text{oxigênio}}$$

$$M_{\text{oxigênio}} = 7$$

Massa de amônia = 6

Massa de hidrogênio = 1

Fórmula da amônia = NH

$$6 = 1 + M_{\text{nitrogênio}}$$

$$M_{\text{nitrogênio}} = 5$$

**2. IFPE** – A água tem uma importância fundamental na vida dos organismos vivos. Cerca de 70% da massa de nosso corpo é constituída por água. Essa substância participa de inúmeras reações químicas nos seres vivos em que as células produzem substâncias necessárias à vida. O consumo diário de água é imprescindível para o funcionamento adequado de nosso corpo.

Com relação à água e a sua importância, podemos afirmar que

- a) são chamados compostos hidrofóbicos aqueles capazes de serem dissolvidos em água.  
b) à medida que avançamos em idade, a porcentagem de água em nosso corpo aumenta.  
c) a água tem o importante papel de auxiliar na manutenção da temperatura corporal.  
d) os músculos e os ossos apresentam, em sua composição, a mesma porcentagem de água.  
e) as ligações de hidrogênio entre as moléculas de água não afetam suas propriedades.

a) Incorreta. Compostos hidrofóbicos são aqueles que não se misturam à água.

b) Incorreta. A porcentagem de água no nosso corpo diminui com a idade, de 0 a 2 anos de idade, a porcentagem de água é de 75 a 80%,

por volta de 15 a 20 anos, atinge 60 a 63% e, entre 40 a 60 anos, cai para 50 a 58%.

- c) Correta. A água controla a temperatura do corpo pela sudorese.  
d) Incorreta. Os músculos contêm aproximadamente 75% de água em sua composição, enquanto os ossos contêm em torno de 31% de água.  
e) Incorreta. As ligações de hidrogênio são responsáveis por propriedades como a tensão superficial.

## 3. Enem

C7-H24

Partículas microscópicas existentes na atmosfera funcionam como núcleos de condensação de vapor de água que, sob condições adequadas de temperatura e pressão, propiciam a formação das nuvens e, conseqüentemente, das chuvas. No ar atmosférico, tais partículas são formadas pela reação de ácidos (HX) com a base  $NH_3$ , de forma natural ou antropogênica, dando origem a sais de amônio ( $NH_4X$ ), de acordo com a equação química genérica:



FELIX, E. P.; CARDOSO, A. A. Fatores ambientais que afetam a precipitação úmida. *Química Nova na Escola*, n. 21, maio 2005. Adaptado.

A fixação de moléculas de vapor de água pelos núcleos de condensação ocorre por

- a) ligações iônicas.  
b) interações dipolo-dipolo.  
c) interações dipolo-dipolo induzido.  
d) interações ion-dipolo.  
e) ligações covalentes.

A reação fornecida no enunciado descreve a representação geral de um processo de neutralização.



A fixação da água aos íons formados se dá por interações do tipo íon dipolo.

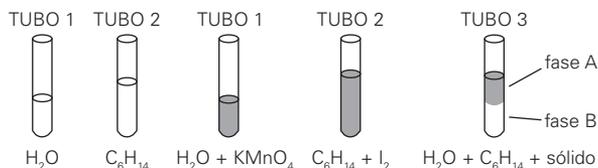
Esquemáticamente:



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

**4. Fac. Santa Marcelina-SP** – Os tubos 1 e 2 contêm, inicialmente, massas iguais de água ( $H_2O$ ) e hexano ( $C_6H_{14}$ ). Ao tubo contendo água foram adicionados cristais de permanganato de potássio e ao tubo contendo hexano foram adicionados cristais de iodo. No tubo 3, adicionaram-se água, hexano e cristais de um dos sólidos mencionados. A figura ilustra os sistemas formados no experimento.



- a) Escreva a fórmula eletrônica do  $I_2$ . Classifique-o como uma molécula polar ou não polar.

Fórmula eletrônica do iodo ( $I_2$ ):



Molécula apolar ( $\bar{\mu}_R = 0$ )

b) Identifique os componentes das fases A e B do tubo 3.

Como a densidade do hexano (hidrocarboneto apolar) é menor do que a da água (polar), substâncias imiscíveis, conclui-se que a fase composta pelo hexano e iodo deverá ficar na parte de cima do esquema e a água, na parte de baixo.

Fase A:  $C_6H_{14}$  e  $I_2$ .

Fase B:  $H_2O$ .

### 5. IFSC (adaptado)

O método mais moderno e preciso para determinar as massas atômicas é o do espectrômetro de massa. É um aparelho onde os átomos são ionizados, acelerados e desviados por um campo eletromagnético. Pelo maior ou menor desvio, pode-se calcular a massa atômica de isótopo por isótopo. Com esse aparelho, obtemos massas atômicas com precisão de até cinco casas decimais, além da abundância de cada isótopo na natureza.

FELTRE, Ricardo. *Química geral*. São Paulo: Moderna, 2004.

O magnésio é um elemento de origem mineral encontrado, em boa quantidade, nas sementes, nos frutos secos e nas leguminosas, desempenhando importante papel no controle do metabolismo biológico. Há três isótopos do magnésio na natureza: o isótopo de massa atômica 23,98 u e abundância 79%, o isótopo de massa atômica 24,98 u e abundância 10% e o isótopo de abundância 11%.

Sabendo que a massa atômica do magnésio obtida pela média ponderal é 24,30 u, qual é a massa do isótopo, cuja abundância é de 11%?

Obtemos:

$$MA_{Mg} = 0,79 \cdot 23,98 \text{ u} + 0,10 \cdot 24,98 \text{ u} + 0,11 \cdot M_{\text{isótopo}}$$

$$24,30 \text{ u} = 18,9 + 2,5 + 0,11 \cdot M_{\text{isótopo}}$$

$$M_{\text{isótopo}} \cdot 0,11 = 24,30 - 21,438$$

$$M_{\text{isótopo}} = \frac{2,862}{0,11}$$

$$M_{\text{isótopo}} = 26 \text{ u}$$

6. O cloro é formado dos isótopos  $^{35}\text{Cl}$  (75%) e  $^{37}\text{Cl}$  (25%). Com base nessa informação, podemos afirmar que

- I. um átomo de cloro pesa 35,5 u.
- II. um átomo de cloro pesa, em média, 35,5 u.
- III. não existe átomo de cloro com massa 35,5 u.
- IV. um átomo de cloro tem massa aproximadamente igual a 35 u ou 37 u.

Estão corretas somente as afirmações

- |                         |              |
|-------------------------|--------------|
| a) I, III e IV.         | d) I e IV.   |
| <b>b) II, III e IV.</b> | e) II e III. |
| c) II e IV.             |              |

I. Incorreta. Um átomo de cloro é 35,5 vezes mais pesado que  $\frac{1}{12}$  do átomo de  $^{12}\text{C}$ .

II. Correta.

$$MA_{Cl} = \frac{35 \cdot 75\% + 37 \cdot 25\%}{100\%}$$

$$MA_{Cl} = 35,5 \text{ u}$$

III. Correta. 35,5 u é o valor médio da massa dos isótopos de cloro.

IV. Correta.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UFRGS-RS – O elemento bromo apresenta massa atômica 79,9. Supondo que os isótopos  $^{79}\text{Br}$  e  $^{81}\text{Br}$  tenham massas atômicas, em unidades de massa atômica, exatamente iguais aos seus respectivos números de massa, qual será a abundância relativa de cada um dos isótopos?

- a) 75%  $^{79}\text{Br}$  e 25%  $^{81}\text{Br}$
- b) 55%  $^{79}\text{Br}$  e 45%  $^{81}\text{Br}$
- c) 50%  $^{79}\text{Br}$  e 50%  $^{81}\text{Br}$
- d) 45%  $^{79}\text{Br}$  e 55%  $^{81}\text{Br}$
- e) 25%  $^{79}\text{Br}$  e 75%  $^{81}\text{Br}$

8. UFRGS-RS – A massa atômica de alguns elementos da Tabela Periódica pode ser expressa por números fracionários, como o elemento estrôncio, cuja massa atômica é de 87,621, o que se deve

- a) à massa dos elétrons.
- b) ao tamanho irregular dos nêutrons.
- c) à presença de isótopos com diferentes números de nêutrons.
- d) à presença de isóbaros com diferentes números de prótons.
- e) à grande quantidade de isótonos do estrôncio.

9. Unimontes-MG – O cloro presente no PVC tem dois isótopos estáveis. O cloro-35, com massa 34,97 u, constitui 75,77% do cloro encontrado na natureza. O outro isótopo é o cloro-37, de massa 36,97 u. Em relação aos isótopos, é correto afirmar que o cloro-37

- a) contribui menos para a massa atômica do cloro.

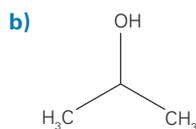
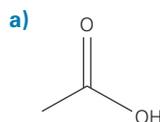
- b) apresenta maior quantidade de elétrons.
- c) apresenta maior número atômico.
- d) é mais abundante na natureza.

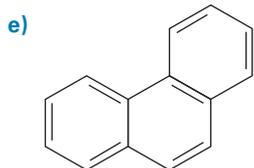
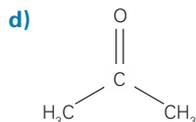
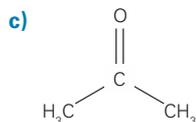
### 10. UPE

A criação de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) está entre as mais importantes atividades da piscicultura mundial. No manejo desses peixes, é necessário o uso de anestésicos para a redução do estresse e o aumento da segurança no trabalho. Obtida da destilação do óleo essencial extraído das folhas, do caule e das flores de determinada planta, com cerca de 70 a 90% de rendimento, uma substância tem-se mostrado eficaz e segura para essa finalidade, além de apresentar baixo custo. A utilização dessa substância em peixes acontece na forma de banho por imersão. Porém, em razão da sua natureza hidrofóbica, deve-se fazer uma solução-estoque em etanol e, após isso, o anestésico pode ser diluído em água.

Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2008000800017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2008000800017)>. Acesso em: 10 jul. 2016.

Esse anestésico natural é o





**11. UFJF-MG** – O  $H_2S$  é encontrado tanto em solução aquosa (solúvel em água) quanto na forma gasosa. É altamente tóxico, inflamável, irritante, além de apresentar odor característico semelhante ao de ovos podres. Com base nas características do  $H_2S$ , responda aos itens a seguir.

- Qual é a função inorgânica do  $H_2S$ ?
- Escreva a estrutura de Lewis para o  $H_2S$ . Qual é o tipo de geometria molecular existente?
- Com base nas forças intermoleculares, justifique o fato de o  $H_2S$  também ser encontrado na forma gasosa, a partir da decomposição de matéria orgânica.
- O  $H_2S$  conduz corrente elétrica quando dissolvido em água? Justifique sua resposta.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

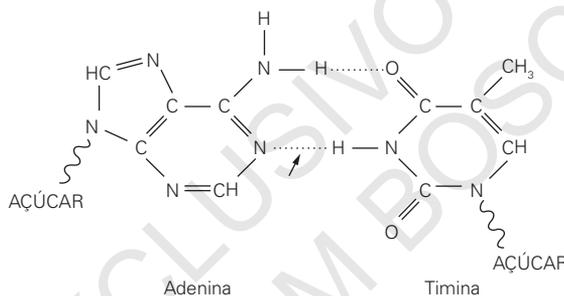
---

---

---

---

**12. Fuvest-SP** – Observe a figura a seguir, que representa o emparelhamento de duas bases nitrogenadas.



Indique a alternativa que relaciona corretamente a(s) molécula(s) que se encontra(m) parcialmente representada(s) e o tipo de ligação química apontada pela seta.

- Exclusivamente DNA; ligação de hidrogênio.
- Exclusivamente RNA; ligação covalente apolar.
- DNA ou RNA; ligação de hidrogênio.
- Exclusivamente DNA; ligação covalente apolar.
- Exclusivamente RNA; ligação iônica.

**13. UFRGS-RS** – Quando tetracloreto de carbono, água e hexano são, nessa sequência, adicionados em uma proveta, é formada uma mistura trifásica com tetracloreto de carbono na fase inferior, água na fase do meio e hexano na fase superior. Quando a ordem de adição é modificada para  $CCl_4$ , hexano e água, forma-se uma mistura bifásica.

Considere as afirmações a seguir, a respeito desses solventes.

- A polaridade do  $CCl_4$  é elevada, dada a alta eletro-negatividade do cloro e do número de átomos de cloro, tornando-o miscível com a água.
- Uma das fases, na mistura bifásica, é constituída de hexano e tetracloreto de carbono; a outra, de água.
- Um litro de água apresenta uma massa maior que um litro de hexano.

Quais estão corretas?

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

**14. PUC-SP** – As propriedades das substâncias moleculares estão relacionadas com o tamanho da molécula e a intensidade das interações intermoleculares. Considere as substâncias a seguir e suas respectivas massas molares.

---

---

---

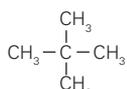
---

---

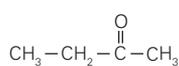
---

---

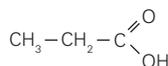
---



dimetilpropano



butanona



ácido propanoico



pentano



butan-1-ol

A alternativa que melhor associa as temperaturas de ebulição (TE) com as substâncias é

| TE | 10 °C            | 30 °C          | 80 °C      | 118 °C           | 141 °C           |
|----|------------------|----------------|------------|------------------|------------------|
| a) | dimetilpropano   | pentano        | butanona   | butan-1-ol       | ácido propanoico |
| b) | ácido propanoico | dimetilpropano | pentano    | butanona         | butan-1-ol       |
| c) | dimetilpropano   | pentano        | butanona   | ácido propanoico | butan-1-ol       |
| d) | pentano          | dimetilpropano | butan-1-ol | butanona         | ácido propanoico |

- 15. UFRGS-RS** – Uma garrafa de refrigerante fechada, submetida a um resfriamento rápido e mantida por longo tempo em repouso em um *freezer*, pode “explodir”, provocando o extravasamento de seu conteúdo.

Considere as afirmações a seguir sobre esse fenômeno.

- I. O gás carbônico contido no refrigerante transforma-se em gelo seco que então sublima, rompendo o recipiente.
- II. Os sais contidos no refrigerante, quando em temperaturas muito baixas, formam sistemas altamente higroscópicos, o que provoca um significativo aumento de volume.
- III. O processo de solidificação da água, presente no refrigerante, provoca organização das moléculas em uma estrutura cristalina que ocupa um volume maior que a água líquida.

Quais dessas afirmações podem ocorrer durante o processo de extravasamento?

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

- 16. UEPG-PR** – A amônia líquida ( $\text{NH}_3$ ), utilizada em máquinas de refrigeração, pode ser transformada em gás e decomposta nos gases  $\text{N}_2$  e  $\text{H}_2$ . Sobre o assunto, assinale o que for correto.

Dados: H = 1; N = 7

- 01) A decomposição da amônia é uma transformação física em que os gases  $\text{N}_2$  e  $\text{H}_2$  são formados por ebulição.
- 02) A interação intermolecular que mantém as moléculas de amônia unidas é chamada de forças de dispersão de London.
- 04) A passagem da amônia líquida para o estado gasoso é uma transformação física chamada de vaporização.

- 08)** A amônia é uma molécula constituída de ligações covalentes e possui geometria molecular piramidal.

Dê a soma da(s) alternativa(s) correta(s).

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

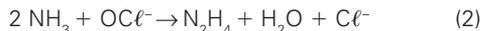
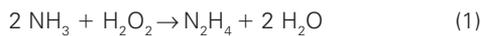


---



---

- 17. Unicamp-SP (adaptado)** – Na indústria química moderna, a economia percentual de átomos tem uma forte componente ambiental, sendo, inclusive, um aspecto muito mais importante que o rendimento percentual, que tem uma componente mais econômica. A hidrazina ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ), um poderoso combustível para foguetes, pode ser obtida por diferentes reações de síntese, duas das quais estão representadas pelas equações químicas a seguir:



Imagine que você deve orientar a cúpula administrativa de uma indústria a utilizar uma dessas duas sínteses. Com base na maior **economia percentual de átomos**, qual seria a sua sugestão? Mostre que sua sugestão é a melhor opção.

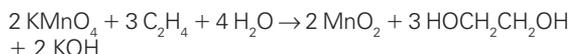
**Dados:** economia percentual de átomos =  $\{( \text{massa do produto desejado} ) / ( \text{massa de todos os reagentes} )\} \cdot 100$ , levando-se em conta apenas a estequiometria da reação.

## ESTUDO PARA O ENEM

## 18. Enem

C7-H24

Climatérico é o nome de um estágio no processos de amadurecimento de determinados frutos, caracterizado pelo aumento do nível de respiração celular e do gás etileno ( $C_2H_4$ ). Como consequência, há o escurecimento do fruto, o que representa a perda de toneladas de alimentos a cada ano. É possível prolongar a vida de um fruto no climatérico pela eliminação do etileno produzido. Na indústria utiliza-se o permanganato de potássio ( $KMnO_4$ ) para oxidar o etileno a etilenoglicol ( $HOCH_2CH_2OH$ ) sendo o processo representado na forma simplificada pela equação.



O processo de amadurecimento começa quando a concentração de etileno no ar está em cerca de 1 mg de  $C_2H_4$  por kg de ar.

As massas molares dos elementos H, C, O, K e Mn são, respectivamente, iguais a 1 g/mol, 12 g/mol, 16 g/mol, 39 g/mol e 55 g/mol.

A fim de diminuir essas perdas, sem desperdício de reagentes, a massa mínima de  $KMnO_4$  por kg de ar é mais próxima de

- a) 0,7 mg
- b) 1,0 mg
- c) 3,8 mg
- d) 5,6 mg
- e) 8,5 mg

## 19.

C7-H24

As propriedades químicas das substâncias são explicadas em boa parte pelas interações entre as moléculas. As interações intermoleculares levam à formação de dipolos, ligações de hidrogênio, interações mais fracas que atuam à distância do tipo Van der Waals, interações do tipo dipolo-dipolo, entre outras. Tais interações geralmente explicam o comportamento químico e físico de muitas substâncias. Observando os compostos de nitrogênio, oxigênio e flúor formados com o hidrogênio, verificamos que a amônia ( $NH_3$ ) é um gás, a água ( $H_2O$ ) é líquida e o ácido fluorídrico (HF) é um gás em

condições ambiente; já observando os compostos que os elementos do grupo do oxigênio formam com o hidrogênio, verifica-se também um comportamento anômalo da água, uma vez que o ácido sulfídrico ( $H_2S$ ) é um gás. Analisando a estrutura da água e dos demais compostos, é correto afirmar que

- a) as moléculas do ácido fluorídrico não apresentam ligações de hidrogênio e isso faz com que essa substância apresente-se como um gás em condições ambiente.
- b) as moléculas de amônia não exibem ligações de hidrogênio, mas, como os hidrogênios estão em maior número nessa molécula, esse composto é um gás em condições ambiente.
- c) as moléculas de ácido sulfídrico apresentam ligações de hidrogênio; contudo, muito mais fracas que as que ocorrem na água, o que faz com que, em condições normais, seja um gás.
- d) as moléculas de água são líquidas, pois sua massa molar relativa é mais alta do que dos outros compostos; além disso, ela é a mais polar de todas as moléculas fazendo com que seja líquida e não gasosa.
- e) as moléculas de água apresentam dois hidrogênios que podem ligar-se a átomos de oxigênio de outras duas moléculas, fato que garante esse comportamento anômalo para a molécula de água em condições ambiente.

## 20. Enem

C7-H24

Para lavar e refrescar o ambiente, que estava a 40 °C, uma pessoa resolveu jogar água sobre um piso de granito. Ela observou que o líquido se concentrou em algumas regiões, molhando parcialmente a superfície. Ao adicionar detergente sobre essa água, a pessoa verificou que o líquido se espalhou e deixou o piso totalmente molhado.

A molhabilidade da superfície foi melhorada em função da

- a) solubilidade do detergente em água ser alta.
- b) tensão superficial da água ter sido reduzida.
- c) pressão de vapor da água ter sido diminuída.
- d) densidade da solução ser maior que a da água.
- e) viscosidade da solução ser menor que a da água.

# CONSTANTE DE AVOGADRO, MASSA MOLAR, MOL E CÁLCULO DO NÚMERO DE ÁTOMOS E DE MOLÉCULAS

## CONSTANTE DE AVOGADRO ( $N_A$ )

A constante de Avogadro ( $N_A$ ) foi estabelecida por Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro, que instituiu a relação em que uma amostra de um elemento com massa numericamente igual à sua massa atômica apresenta sempre o mesmo número de átomos (N).

O valor encontrado para essa quantidade ficou conhecido como **constante de Avogadro ( $N_A$ )** e é igual a:  $6,02 \cdot 10^{23}$  (equivalente a 602 sextilhões).

### Exemplos

| Átomo                 | Massa atômica aproximada | Massa de $6 \cdot 10^{23}$ átomos |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| $^{12}_6\text{C}$     | 12 u                     | 12 g                              |
| $^{14}_7\text{N}$     | 14 u                     | 14 g                              |
| $^{40}_{20}\text{Ca}$ | 40 u                     | 40 g                              |

## CONCEITO DE MOL: A QUANTIDADE DE MATÉRIA

De acordo com a já mencionada IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), mol é a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares (átomos, moléculas ou outras partículas) quantos são os átomos contidos em 0,012 kg (12 g) do isótopo carbono-12.

Ao realizarmos uma associação entre o conceito de mol e a constante de Avogadro, teremos:

**1 mol contém  $6,02 \cdot 10^{23}$  partículas**

### Exemplos comparativos

1 mol de laranjas  $\rightarrow 6,02 \cdot 10^{23}$  laranjas

1 mol de moedas  $\rightarrow 6,02 \cdot 10^{23}$  moedas

1 mol de moléculas  $\rightarrow 6,02 \cdot 10^{23}$  moléculas

1 mol de átomos  $\rightarrow 6,02 \cdot 10^{23}$  átomos

1 mol de íons  $\rightarrow 6,02 \cdot 10^{23}$  íons

1 mol de elétrons  $\rightarrow 6,02 \cdot 10^{23}$  elétrons

### Atenção!

Geralmente, utiliza-se  $6 \cdot 10^{23}$  para facilitar os cálculos, mas também depende dos dados fornecidos pela questão.

O símbolo utilizado para essa unidade de medida é **mol**. Como o símbolo é igual ao nome, é preciso ter muito cuidado para evitar confusões, uma vez que os símbolos **não têm plural**.

- Constante de Avogadro
- Cálculo de massa molar
- Conceito de mol
- Número de mol de moléculas
- Número de mol de átomos

### HABILIDADES

- Reconhecer a constante de Avogadro.
- Trabalhar com massas molares.
- Trabalhar com a grandeza mol.
- Calcular a quantidade de moléculas em uma amostra.
- Calcular a quantidade de átomos em uma amostra.
- Relacionar as diferentes grandezas químicas.

## SÍMBOLO DE ALGUMAS GRANDEZAS

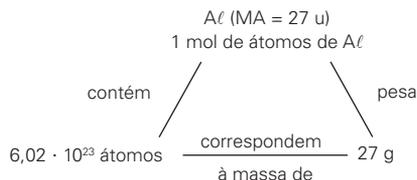
| Grandeza                  | Unidade de medida        |                          |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Nome                      | Nome (plural)            | Símbolo (não tem plural) |
| Massa (m)                 | quilograma (quilogramas) | kg                       |
| Comprimento (l)           | metro (metros)           | m                        |
| Quantidade de matéria (n) | mol (mols)               | mol                      |

## MASSA MOLAR (M)

### Massa molar de um elemento

A massa molar de um elemento é a massa expressa em gramas de 1 mol de átomos, ou seja,  $6,02 \cdot 10^{23}$  átomos desse elemento. A massa molar de um elemento é numericamente igual à sua massa atômica.

#### Exemplo



Concluimos que a massa molar é numericamente igual à massa atômica, ou seja,  $Al = 27 \text{ u} \Rightarrow Al = 27 \text{ g/mol}$ .

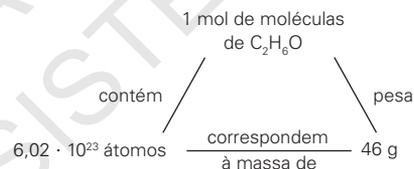
### Massa molar de uma substância

A massa molar de uma substância é a massa em gramas de 1 mol de moléculas da referida substância. A massa molar de uma substância é numericamente igual à sua massa molecular expressa em gramas.

#### Exemplos

a)  $C_2H_6O$  (ao consultar a Tabela Periódica, encontram-se os valores das massas atômicas dos elementos que compõem essa molécula: H = 1 u; C = 12 u; O = 16 u).

$$MM_{C_2H_6O} = (2 \cdot 12 \text{ u}) + (6 \cdot 1 \text{ u}) + (1 \cdot 16 \text{ u}) = 46 \text{ u}$$

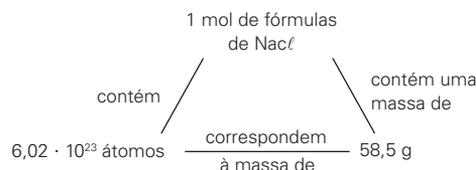


Concluimos que a massa molar é numericamente igual à massa molecular, ou seja,

$$C_2H_6O = 46 \text{ u} \Rightarrow C_2H_6O = 46 \text{ g/mol}$$

b) NaCl (ao consultar a Tabela Periódica, encontram-se os valores de massas atômicas dos elementos que compõem esse composto iônico: Na = 23 u e Cl = 35,5 u).

$$MM_{NaCl} = (1 \cdot 23 \text{ u}) + (1 \cdot 35,5 \text{ u}) = 58,5 \text{ u}$$



Concluimos que a massa molar é numericamente igual à massa molecular, ou seja,  
 $NaCl = 58,5 \text{ u} \Rightarrow NaCl = 58,5 \text{ g/mol}$ .

#### Atenção!

Algumas substâncias têm capacidade de reter moléculas de água em seus retículos cristalinos; essas substâncias são classificadas como higroscópicas e, nesses casos, as moléculas de água são levadas em conta na massa molar ou mesmo massa molecular da substância. Como visto anteriormente, em Química 2 do seu material, essas substâncias são representadas em suas fórmulas químicas com um ponto. Veja a seguir a representação de forma correta.

#### Exemplos

$$CuSO_4 \cdot 5 H_2O \Rightarrow (MA_{Cu} = 63,5 \text{ u}; MA_S = 32 \text{ u};$$

$$MA_O = 16 \text{ u e } MA_H = 1 \text{ u})$$

$$MM_{CuSO_4} (1 \cdot 63,5 \text{ u}) + (1 \cdot 32 \text{ u}) + (4 \cdot 16 \text{ u}) = 159,5 \text{ u}$$

$$5 \cdot (MM_{H_2O}) = 5 \cdot [(2 \cdot 1 \text{ u}) + (1 \cdot 16 \text{ u})] = 90 \text{ u}$$

$$MM_{CuSO_4} + 5 \cdot (MM_{H_2O}) = 143,5 \text{ u} + 90 \text{ u} = 249,5 \text{ u}$$

Sendo assim, 1 mol de  $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$  pesa 249,5 gramas.

### Massa molar de um íon

A massa molar de um íon é a massa de um mol de íons em gramas, que é numericamente igual à massa do íon expressa em gramas.

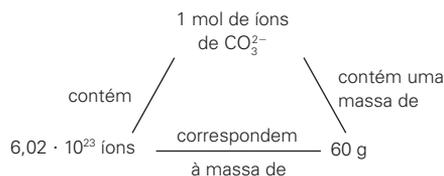
#### Atenção!

Pode-se considerar desprezível a massa do elétron, por isso não há modificação no mecanismo de cálculo em função da entrada ou saída de elétrons.

Ânion carbonato ( $CO_3^{2-}$ ) (ao consultar a Tabela Periódica, encontram-se os valores das massas atômicas dos elementos que compõem esse íon: C = 12 u e O = 16 u).

$$MM = (1 \cdot 12) + (3 \cdot 16)$$

$$MM = 12 + 48 = 60 \text{ u}$$



Concluimos que a massa molar é numericamente igual à massa molecular, ou seja,

$$CO_3^{2-} = 60 \text{ u} \Rightarrow CO_3^{2-} = 60 \text{ g/mol}$$

## Número de mols (n)

A indicação do número de mols (quantidade de matéria) de um determinado corpo serve para se estabelecer uma análise referencial a respeito de quantas partículas (átomos, moléculas ou íons) existem nesse mesmo corpo comparadas à quantidade de 1 mol, ou seja,  $6,02 \cdot 10^{23}$  partículas.

## Massa

Quando o exercício fornece a massa, podemos utilizar a equação a seguir:

$$n = \frac{m}{M}$$

Em que:

- n = número de mols (em mol);
- m = massa (em gramas);
- M = massa molar (em gramas/mol).

Lembramos que a massa molar de uma substância depende apenas da sua fórmula molecular e, portanto, é fixa para uma mesma substância em qualquer situação. Já a massa m será variável e dependerá do exercício apresentado.

### Exemplo 1

Quantos mols de átomos correspondem a 560 g de ferro?

**Dado:**  $MA_{\text{Fe}} = 56 \text{ u}$

1 mol de átomos de Fe tem massa 56 g.

1 mol ————— 56 g

x mol ————— 560 g

x = 10 mol

## Número de átomos ou moléculas

Quando o enunciado fornece o número de átomos ou moléculas, podemos aplicar a equação a seguir:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

Em que:

- n = número de mols (em mol);
- N = quantidade de átomos ou moléculas (sem unidade);
- $N_A$  = número de Avogadro (em  $\text{mol}^{-1}$ ).

### Exemplo 2

Quantos mols de átomos correspondem a  $6 \cdot 10^{25}$  átomos de ferro?

**Dado:**  $MA_{\text{Fe}} = 56 \text{ u}$

Sabemos que 1 mol de átomos de Fe contém  $6 \cdot 10^{23}$  átomos de Fe

Portanto:

$6 \cdot 10^{23}$  átomos de Fe — 1 mol de átomos de Fe

$6 \cdot 10^{25}$  átomos de Fe — x mol

x = 100 mol

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO BOSCO

# ROTEIRO DE AULA

## Grandezas químicas

Massa molar

Massa, em gramas, de 1 mol de átomos, íons, moléculas

$\text{NaCl} = 58,5 \text{ g/mol}$

Constante de Avogadro

$6,0 \cdot 10^{23}$

mol (n)

Quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares (átomos, moléculas ou outras partículas) quantos são os átomos contidos em 0,012 kg (12 g) do isótopo carbono – 12.

$n = \frac{m}{M}$

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOMINUS BOSCO

## ROTEIRO DE AULA

## CÁLCULO DO NÚMERO DE ÁTOMOS E MOLÉCULAS

Massa

---



---

O enunciado fornece os dados da massa da substância.

$$n = \frac{m}{M}$$


---

Número de átomos ou moléculas

---



---

O enunciado fornece os dados do número de átomos ou moléculas da substância.

$$n = \frac{N}{N_A}$$


---

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **UFG-GO** – Em uma molécula de glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ), a razão entre a quantidade em massa de carbono e a massa molecular é

- a)  $\frac{1}{4}$   
 b)  $\frac{1}{3}$   
 c)  $\frac{2}{5}$   
 d)  $\frac{3}{5}$   
 e)  $\frac{2}{3}$

$$\frac{\text{massa do carbono}}{\text{massa molecular}} = \frac{6 \cdot 12}{6 \cdot 12 + 12 \cdot 1 + 6 \cdot 16} = \frac{72}{180 + 36} = \frac{2}{5}$$

2. **Unitau-SP** – A tabela apresenta o mol em gramas aproximado de várias substâncias. Considerando massas iguais, a que apresenta maior número de moléculas é

| Substância | Au    | HCl  | O <sub>3</sub> | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | O <sub>2</sub> |
|------------|-------|------|----------------|--------------------------------|----------------|
| Mol (g)    | 197,0 | 36,5 | 48,0           | 58,0                           | 32,0           |

- a) Au  
 b) HCl  
 c) O<sub>3</sub>  
 d) C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>  
 e) O<sub>2</sub>

De acordo com o número de Avogadro, terá maior número de moléculas a substância que tiver a maior quantidade de mols. Considerando que a quantidade de mols pode ser obtida por  $\frac{m}{M}$ , concluímos que, em igualdade de massa (m), a substância que tiver menor massa molar (M) terá maior número de moléculas. A que tem menor massa molar é o gás oxigênio (O<sub>2</sub>).

3. **Enem**

C7-H24

O brasileiro consome em média 500 miligramas de cálcio por dia, quando a quantidade recomendada é o dobro. Uma alimentação balanceada é a melhor decisão para evitar problemas no futuro, como a osteoporose, uma doença que atinge os ossos. Ela se caracteriza pela diminuição substancial de massa óssea, tornando os ossos frágeis e mais suscetíveis a fraturas.

Disponível em: <www.anvisa.gov.br>. Adaptado.

Considerando-se o valor de  $6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  para a constante de Avogadro e a massa molar do cálcio igual a 40 g/mol, qual a quantidade mínima diária de átomos de cálcio a ser ingerida para que uma pessoa supra suas necessidades?

- a)  $7,5 \cdot 10^{21}$   
 b)  $1,5 \cdot 10^{22}$   
 c)  $7,5 \cdot 10^{23}$   
 d)  $1,5 \cdot 10^{25}$   
 e)  $4,8 \cdot 10^{25}$

A quantidade recomendada é o dobro de 500 mg por dia, ou seja, 1 000 mg de cálcio por dia, então:

$$1\,000 \text{ mg} = 1\,000 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 1 \text{ g}$$

$$40 \text{ g de cálcio} \text{ ————— } 6 \cdot 10^{23} \text{ átomos de Ca}$$

$$1 \text{ g de cálcio} \text{ ————— } n_{\text{Ca}}$$

$$n_{\text{Ca}} = 0,15 \cdot 10^{23} = 1,5 \cdot 10^{22} \text{ átomos de cálcio}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

4. **UFRGS-RS** – Por questões econômicas, a medalha de ouro não é 100% de ouro desde os jogos de 1912, em Estocolmo, e sua composição varia nas diferentes edições dos jogos olímpicos. Para os jogos olímpicos de 2016, no Rio de Janeiro, a composição das medalhas foi distribuída como apresenta o quadro a seguir.

| Medalha | Composição em massa         |
|---------|-----------------------------|
| Ouro    | prata (98,8%) e ouro (1,2%) |
| Prata   | prata (100%)                |
| Bronze  | cobre (95%) e zinco (5%)    |

Considerando que as três medalhas tenham a mesma massa, assinale a alternativa que apresenta as medalhas em ordem crescente de número de átomos metálicos na sua composição.

**Dados:** Cu = 63,5; Zn = 65,4; Ag = 108; Au = 197.

- a) Medalha de bronze < medalha de ouro < medalha de prata  
 b) Medalha de bronze < medalha de prata < medalha de ouro  
 c) Medalha de prata < medalha de ouro < medalha de bronze  
 d) Medalha de prata < medalha de bronze < medalha de ouro  
 e) Medalha de ouro < medalha de prata < medalha de bronze

Medalha de ouro:

$$m_{\text{prata}} = \frac{1,2}{100} \cdot m \text{ g}$$

$$6 \cdot 10^{23} \text{ átomos de prata} \text{ ————— } 108 \text{ g}$$

$$n_{\text{Ag}} \text{ ————— } \frac{1,2}{100} \cdot m \text{ g}$$

$$n_{\text{Ag}} = 6,66 \cdot 10^{19} \cdot m_{\text{átomos}}$$

$$m_{\text{ouro}} = \frac{98,8}{100} \cdot m \text{ g}$$

$$6 \cdot 10^{23} \text{ átomos de ouro} \text{ ————— } 197 \text{ g}$$

$$n_{\text{Au}} \text{ ————— } \frac{98,8}{100} \cdot m \text{ g}$$

$$n_{\text{Au}} = 300 \cdot 10^{19} \cdot m_{\text{átomos}}$$

$$n_{\text{total}} = 306,66 \cdot 10^{19} \cdot m_{\text{átomos}}$$

Medalha de prata:

$$m_{\text{prata}} = \frac{100}{100} \cdot m \text{ g}$$

$$6 \cdot 10^{23} \text{ átomos de prata} \text{ — } 108 \text{ g}$$

$$n_{\text{Ag}} \text{ — } \frac{100}{100} \cdot m \text{ g}$$

$$n_{\text{Ag}} = 555 \cdot 10^{19} \cdot m_{\text{átomos}}$$

Medalha de bronze:

$$m_{\text{cobre}} = \frac{95}{100} \cdot m \text{ g}$$

$$6 \cdot 10^{23} \text{ átomos de cobre} \text{ — } 63,5 \text{ g}$$

$$n_{\text{Cu}} \text{ — } \frac{95}{100} \cdot m \text{ g}$$

$$n_{\text{Cu}} = 897,6 \cdot 10^{19} \cdot m_{\text{átomos}}$$

$$m_{\text{zinco}} = \frac{5}{100} \cdot m \text{ g}$$

$$6 \cdot 10^{23} \text{ átomos de zinco} \text{ — } 65,4 \text{ g}$$

$$n_{\text{Zn}} \text{ — } \frac{5}{100} \cdot m \text{ g}$$

$$n_{\text{Zn}} = 45,87 \cdot 10^{19} \cdot m_{\text{átomos}}$$

$$n_{\text{total}} = 943,47 \cdot 10^{19} \cdot m_{\text{átomos}}$$

$$\underbrace{306,66 \cdot 10^{19} \cdot m_{\text{átomos}}}_{\text{Ouro}} < \underbrace{555 \cdot 10^{19} \cdot m_{\text{átomos}}}_{\text{Prata}} < \underbrace{943,47 \cdot 10^{19} \cdot m_{\text{átomos}}}_{\text{Bronze}}$$

**5. ITA-SP** – Assinale a opção que apresenta a afirmação **incorreta**.

- O número de massa, A, de um isótopo é um número inteiro positivo adimensional que corresponde à soma do número de prótons e de nêutrons no núcleo daquele isótopo.
- Massa atômica refere-se à massa de um único átomo e é invariante para átomos de um mesmo isótopo. Quando medida em unidades padrão de massa atômica, ela nunca é um número inteiro, exceto para o átomo de  $^{12}\text{C}$ .
- A soma do número de prótons e nêutrons em qualquer amostra de matéria cuja massa é exatamente 1 g vale exatamente 1 mol.**
- A massa molar de um dado elemento químico pode variar em diferentes pontos do Sistema Solar.
- Multiplicando-se a unidade padrão de massa atômica pela constante de Avogadro, obtém-se exatamente  $1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

a) Correta. O número de massa, A, de um isótopo é um número inteiro positivo adimensional que corresponde à soma do número de prótons e de nêutrons no núcleo daquele isótopo, ou seja, ao número de núcleons  $A = Z + N$ .

b) Correta. Massa atômica refere-se à massa de um único átomo e é invariante para átomos de um mesmo isótopo. Quando medida em unidades padrão de massa atômica, ela nunca é um número inteiro, exceto para o átomo de  $^{12}\text{C}$ , que é tomado como padrão. A massa atômica média ponderada é aquela fornecida nas tabelas periódicas.

c) Incorreta. A soma do número de prótons e nêutrons em qualquer amostra de matéria cuja massa é exatamente 1 g não vale exatamente 1 mol, pois a massa de um próton ou de um nêutron não equivale exatamente a 1,00 u. A massa de um nêutron é maior do que a de um próton.

|         |                                    |           |
|---------|------------------------------------|-----------|
| Próton  | $1,67262 \cdot 10^{27} \text{ kg}$ | 1,00728 u |
| Nêutron | $1,67493 \cdot 10^{27} \text{ kg}$ | 1,00866 u |

d) Correta. A massa atômica média ponderada que é utilizada no cálculo da massa molar de um dado elemento químico pode variar em diferentes pontos do Sistema Solar em razão das porcentagens dos isótopos.

e) Correta. Multiplicando-se a unidade padrão de massa atômica pela constante de Avogadro, obtém-se exatamente  $1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

$$1 \text{ u} = \frac{1}{N_A} \text{ g}$$

$$1 \text{ u} \cdot N_A = \frac{1}{N_A} \text{ g} \cdot N_A = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

## 6. Fac. Albert Einstein-SP

### Do lixo ao câncer

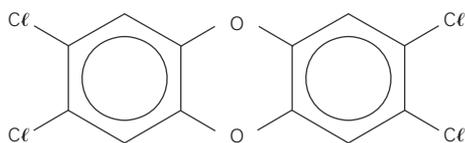
O vertiginoso crescimento populacional humano associado à industrialização e ao aumento do consumo resultou em um problema de proporções gigantescas: o lixo. No Brasil, entre 2003 e 2014, a geração de lixo cresceu 29%, taxa maior que aquela apresentada pelo próprio crescimento populacional no período, que foi de 6%. Nesse cenário, o grande desafio, sem dúvida, é o descarte adequado dos resíduos. Dentre as opções existentes, uma das mais controversas é a incineração de resíduos de serviços de saúde, lixo urbano e resíduos industriais.



Muitos especialistas condenam a prática da incineração do lixo principalmente pelo fato de que a combustão de certos resíduos gera dioxinas. Pesquisas têm demonstrado que essas substâncias são cancerígenas em diversos pontos do organismo, em ambos os sexos e em diversas espécies. Por serem lipofílicas, as dioxinas bioacumulam-se nas cadeias alimentares. Desse modo, além de se contaminarem diretamente ao inalarem emissões atmosféricas, as pessoas também podem sofrer contaminação indireta por via alimentar. Ao que tudo indica, a incineração do lixo, apesar de reduzir o problema do acúmulo de resíduos, acarreta problemas de saúde para a população.



Entre as dioxinas, a que tem mostrado a maior toxicidade e, por isso mesmo, é a mais famosa, é a 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-para-diocina (TCDD). Essa substância, cuja estrutura está representada a seguir, apresenta uma dose letal de  $1,0 \mu\text{g} / \text{kg}$  de massa corpórea, quando ministrada por via oral, em cobaias.



A respeito do TCDD, responda aos seguintes itens:

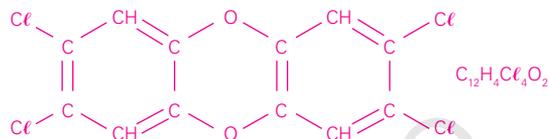
- a) Classifique a molécula de TCDD quanto à polaridade. Com base nessa classificação e nas interações intermoleculares, explique o caráter lipofílico dessa substância.

Como a molécula é simétrica, ou seja, apresenta um plano de simetria, ela tem caráter não polar. A interação entre as moléculas ocorre por interações de dipolo induzido. Por ser uma molécula não polar, sua solubilidade será maior em gorduras, daí o fato de apresentar caráter lipofílico.

- b) Determine a fórmula molecular e a massa molar do TCDD. Calcule a quantidade de matéria de TCDD, em mol, considerada letal para uma cobaia que apresenta 966 g de massa.

**Dados:** Massa molar ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ): H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0; Cl = 25,5.  
 $1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{ g}$

Com base na análise da fórmula estrutural plana:



Cálculo da massa molar ( $\text{C}_{12}\text{H}_4\text{Cl}_4\text{O}_2$ ):

$$M = (12 \cdot 12) + (4 \cdot 1) + (4 \cdot 25,5) + (2 \cdot 16) = 322$$

$$M = 322 \text{ g/mol}$$

Dose letal de  $1,0 \mu\text{g}$  ( $10^{-6} \text{ g}$ ) por quilograma (1 000 g) de massa corpórea.

10 g (massa letal) — 1 000 g (massa corpórea)

$$m_{\text{letal}} \text{ — } 966 \text{ g (massa da cobaia)}$$

$$m = 966 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3} = 9,66 \cdot 10^{-7} \text{ g}$$

$$n_{\text{letal}} = \frac{m}{M} = \frac{9,66 \cdot 10^{-7} \text{ g}}{322 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

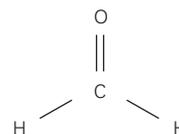
$$n_{\text{letal}} = 3,0 \cdot 10^{-9} \text{ mol}$$

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. **PUCCamp-SP** – No ateliê de um ourives, as joias são feitas de ouro 18 quilates, que consiste em uma liga contendo 75% de ouro + 25% de outros metais. Assim, uma aliança com 3,0 g dessa liga contém uma quantidade de ouro, em mol, de, aproximadamente,

Dado: Massa molar ( $\text{g/mol}$ ) : Au = 197

- a) 0,01  
 b) 0,02  
 c) 0,03  
 d) 0,04  
 e) 0,05



Metanal

Escreva a fórmula molecular do formol. Sabendo-se que a constante de Avogadro é  $6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ , calcule o número de moléculas contidas em 1 g dessa substância, cuja massa molar é igual a 30 g/mol.

### 8. FASM-SP (adaptado)

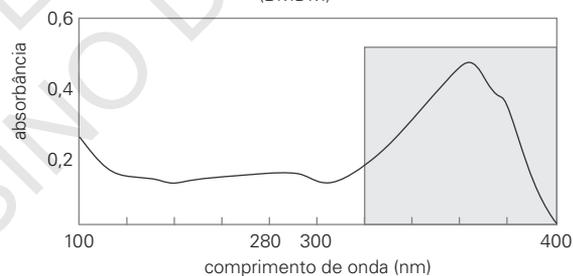
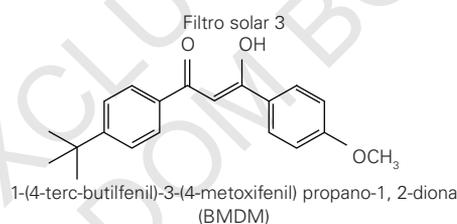
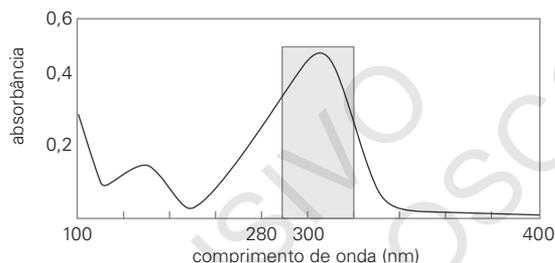
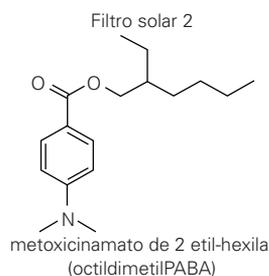
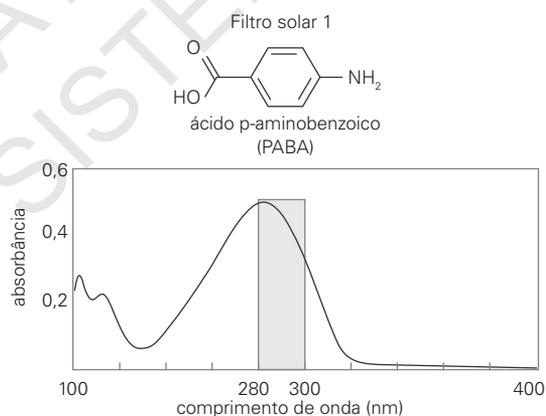
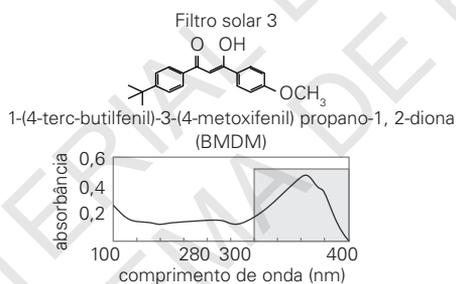
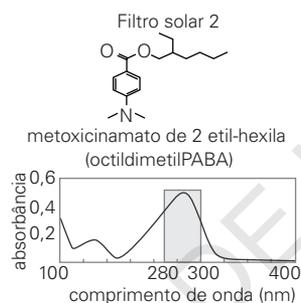
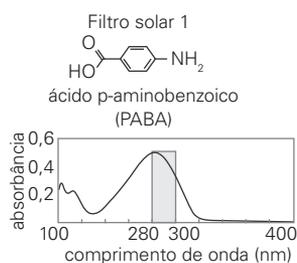
A Anvisa não registra alisantes capilares conhecidos como “escova progressiva” que tenham como base o formol (metanal) em sua fórmula. A substância só tem uso permitido em cosméticos nas funções de conservante com limite máximo de 0,2% em massa, solução cuja densidade é 0,92 g mL.

Disponível em: <www.navisa.gov.br>. Adaptado.

## 9. UNESP

O espectro solar que atinge a superfície terrestre é formado predominantemente por radiações ultravioletas (UV) (100 – 400 nm), radiações visíveis (400 – 800 nm) e radiações infravermelhas (acima de 800 nm). A faixa da radiação UV divide-se em três regiões: UVA (320 a 400 nm), UVB (280 a 320 nm) e UVC (100 a 280 nm). Ao interagir com a pele humana, a radiação UV pode provocar reações fotoquímicas, que estimulam a produção de melanina, cuja manifestação é visível sob a forma de bronzeamento da pele, ou podem levar à produção de simples inflamações até graves queimaduras.

Um filtro solar eficiente deve reduzir o acúmulo de lesões induzidas pela radiação UV por meio da absorção das radiações solares, prevenindo, assim, uma possível queimadura. São apresentados a seguir as fórmulas estruturais, os nomes e os espectros de absorção de três filtros solares orgânicos.



FLOR, Juliana. et al. Protetores solares. *Quim. Nova*, 2007. Adaptado.

A energia da radiação solar aumenta com a redução de seu comprimento de onda e a torna mais propensa a induzir reações fotoquímicas. Analisando os espectros de absorção apresentados e utilizando os dados da Classificação Periódica, assinale a alternativa que apresenta a massa molar, em  $g \cdot mol^{-1}$ , do filtro solar orgânico que tem o máximo de absorção de maior energia.

- a) 273  
b) 133  
c) 310  
d) 277  
e) 137

10. UEMG (adaptado) – O diesel S-10 foi lançado em 2013 e teve por objetivo diminuir a emissão de dióxido de enxofre na atmosfera, um dos principais causadores da chuva ácida. O termo S-10 significa que, para cada quilograma de diesel, o teor de enxofre é de 10 mg. Considere que o enxofre presente no diesel S-10 esteja na forma do alótropo  $S_8$  e que, ao sofrer combustão, forme apenas dióxido de enxofre. Qual é o número de mols, aproximado, de dióxido de enxofre, formado pela combustão de 1 000 L de diesel S-10?

**Dados:** Densidade do diesel S-10 = 0,8 kg/L  
Massa molar do enxofre (S) = 32 g/mol

**11. UNESP** – A adição de cloreto de sódio na água provoca a dissociação dos íons do sal. Considerando a massa molar do cloreto de sódio igual a 58,5 g/mol, o número de Avogadro igual a  $6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  e a carga elétrica elementar igual a  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , é correto afirmar que, quando se dissolverem totalmente 117 mg de cloreto de sódio em água, a quantidade de carga elétrica total dos íons positivos será de

- a)  $1,92 \cdot 10^2 \text{ C}$ .
- b)  $3,18 \cdot 10^2 \text{ C}$ .
- c)  $4,84 \cdot 10^2 \text{ C}$ .
- d)  $1,92 \cdot 10^4 \text{ C}$ .
- e)  $3,18 \cdot 10^4 \text{ C}$ .

**12. EBMSP-BA** – Segundo especialistas em saúde mental, a formação de profissionais com vocação para cuidar dos outros, a exemplo dos médicos, requer a capacitação desses profissionais para que possam estabelecer uma relação saudável com o trabalho e preservar o tempo fora do expediente, estimulando atividades sociais, físicas e de lazer, porque esses profissionais também precisam saber cuidar de si. O médico deve criar empatia com o paciente e preocupar-se com ele, entretanto é necessário que mantenha o distanciamento necessário para elaborar estratégias efetivas para enfrentar as situações mais estressantes do trabalho, o que contribui para manter a sua saúde física e mental ao longo do tempo.

A adoção de uma alimentação adequada também contribui para a manutenção da saúde ao longo da vida. A ingestão insuficiente de cálcio, por exemplo, obriga o organismo a utilizar o cálcio existente nos ossos, o que pode levar à osteopenia e, em casos mais graves, à osteoporose, responsável, a cada ano, pelo número imenso de fraturas, principalmente em idosos.

Admitindo que a hidroxiapatita,  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}_{(s)}$  é o principal componente dos ossos,

a) calcule a massa desse sal, que contém 1 200 mg de íons cálcio;

b) represente a estrutura do ânion fosfato presente na fórmula química.

**Dados:** H = 1; O = 16; P = 31; Ca = 40.

**13. IFSul-RS** – Recentemente, as denúncias das Operações da Polícia Federal contra as fraudes em refrigerantes reacenderam os debates sobre o uso de aditivos alimentares e segurança alimentar. Dentre os diversos grupos de aditivos alimentares, estão os acidulantes, definidos pela ANVISA como “substância que aumenta a acidez ou confere um sabor ácido aos alimentos” (ANVISA, Portaria 540/1997). São exemplos de acidulantes o ácido fosfórico, o ácido cítrico e o ácido acético.

O vinagre é uma solução de aproximadamente 7% (em massa) de ácido acético, com densidade de  $1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ . Sabendo-se que a massa molecular desse ácido é  $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , quantos mols de ácido acético há em 2,4 litros desse vinagre?

- a) 3,4
- b) 2,8
- c) 0,34
- d) 0,28

**14. UFTM-MG (adaptado)**

O incêndio na boate Kiss, em Santa Maria (RS), ocorrido no início do ano 2013, trouxe à tona uma série de questões sobre a segurança dos estabelecimentos e também sobre o atendimento a vítimas de grandes incêndios. Uma delas é por que foi preciso trazer dos Estados Unidos uma substância tão simples – uma vitamina B injetável – para atender os pacientes que, segundo exames, foram intoxicados com cianeto.



FOLHAPRESS/FOLHAPRESS

O gás cianídrico liberado na queima da espuma, utilizada para melhorar a acústica da casa noturna, intoxicou a maior parte das vítimas, segundo perícia.

“É descaso e ignorância”, resume o toxicologista Anthony Wong, diretor do Ceatox (Centro de Assistência Toxicológica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo). Segundo ele, é inadmissível que o país não tenha a substância e que seu uso não seja difundido entre médicos e socorristas, como acontece em outras partes do mundo.

A hidroxocobalamina, que faz parte do complexo B, é usada em altas concentrações como antídoto para o cianeto. O gás, o mesmo que já foi usado no extermínio de judeus nos campos de concentração nazistas, é subproduto da queima de diversos componentes usados na indústria, como o plástico, o acrílico e a espuma de poliuretano. Segundo os peritos que investigam o incêndio em Santa Maria, essa última foi usada no isolamento acústico da boate.

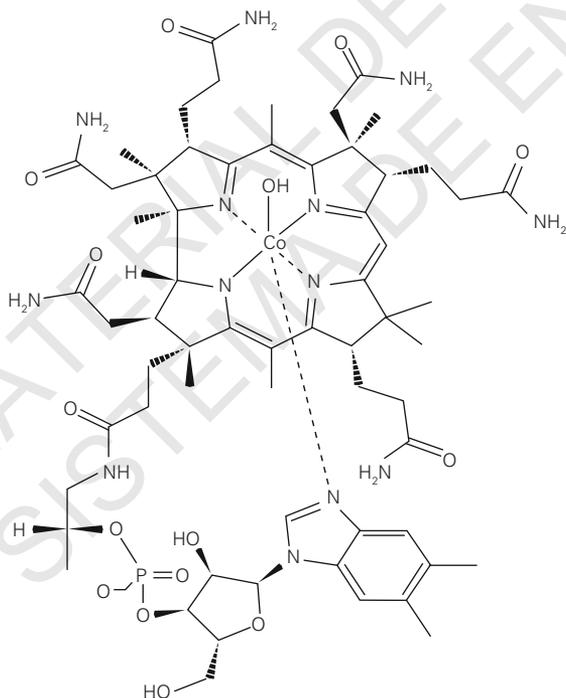
Capaz de matar em poucos minutos, o cianeto bloqueia a cadeia respiratória das células, impedindo que o oxigênio chegue aos órgãos e tecidos. Quando usada logo após a exposição, a hidroxocobalamina salva vidas. “O efeito é tão rápido que parece até milagroso”, conta Wong. Mas isso não é algo que os médicos aprendem na escola: “São poucas as faculdades que oferecem curso de toxicologia e, nas que têm, a matéria é opcional”.

Disponível em: <www.noticias.uol.com.br>. Adaptado.

Informações adicionais:

– O gás cianídrico é o cianeto de hidrogênio (HCN) no estado gasoso.

– A fórmula estrutural da hidroxocobalamina é:



– A massa molar da hidroxocobalamina é aproximadamente igual a  $1,3 \cdot 10^3$  g/mol.

Os “cianokits”, que são utilizados por socorristas em outros países nos casos de envenenamento por cianeto, geralmente contêm 5 g de hidroxocobalamina injetável. Considerando a constante de Avogadro igual a  $6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ , calcule o número de mol existente nessa massa de hidroxocobalamina.

## 15. UERJ

### Lucy caiu da árvore

Conta a lenda que, na noite de 24 de novembro de 1974, as estrelas brilhavam na beira do rio Awash, no interior da Etiópia. Um gravador K7 repetia a música dos Beatles “Lucy in the sky with diamonds”. Inspirados, os paleontólogos decidiram que a fêmea AL 288-1, cujo esqueleto havia sido escavado naquela tarde, seria apelidada carinhosamente de Lucy.

Lucy tinha 1,10 m e pesava 30 kg. Altura e peso de um chimpanzé. Mas não se iluda, Lucy não pertence à linhagem que deu origem aos macacos modernos. Ela já andava ereta sobre os membros inferiores. Lucy pertence à linhagem que deu origem ao animal que escreve esta crônica e ao animal que a está lendo, eu e você.

Os ossos foram datados. Lucy morreu 3,2 milhões de anos atrás. Ela viveu 2 milhões de anos antes do aparecimento dos primeiros animais do nosso gênero, o *Homo habilis*. A enormidade de 3 milhões de anos separa Lucy dos mais antigos esqueletos de nossa espécie, o *Homo sapiens*, que surgiu no planeta faz meros 200 mil anos. Lucy, da espécie *Australopithecus afarensis*, é uma representante das muitas espécies que existiram na época em que a linhagem que deu origem aos homens modernos se separou da que deu origem aos macacos modernos. Lucy já foi chamada de elo perdido, o ponto de bifurcação que nos separou dos nossos parentes mais próximos.

Uma das principais dúvidas sobre a vida de Lucy é a seguinte: ela já era um animal terrestre, como nós, ou ainda subia em árvores?

Muitos ossos de Lucy foram encontrados quebrados, seus fragmentos espalhados pelo chão. Até agora, acreditava-se que isso se devia ao processo de fossilização e às diversas forças às quais esses ossos haviam sido submetidos. Mas os cientistas resolveram estudar em detalhes as fraturas.

As fraturas, principalmente no braço, são de compressão, aquela que ocorre quando caímos de um local alto e apoiamos os membros para amortecer a queda. Nesse caso, a força é exercida ao longo do eixo maior do osso, causando um tipo de fratura que é exatamente o encontrado em Lucy. Usando raciocínios como esse, os cientistas foram capazes de explicar todas as fraturas com base na hipótese de que Lucy caiu do alto de uma árvore de pé, inclinou-se para frente e amortizou a queda com o braço.

Uma queda de 20 a 30 metros e Lucy atingiria o solo a 60 km/h, o suficiente para matar uma pessoa e causar esse tipo de fratura. Como existiam árvores dessa altura onde Lucy vivia e muitos chimpanzés sobem até 150 metros para comer, uma queda como essa é fácil de imaginar.

A conclusão é que Lucy morreu ao cair da árvore. E se caiu era porque estava lá em cima. E se estava lá em cima era porque sabia subir. Enfim, sugere que Lucy habitava árvores.

Mas na minha mente ficou uma dúvida. Quando criança, eu subia em árvores. E era por não sermos grandes escaldores de árvores que eu e meus amigos vivíamos caindo, alguns quebrando braços e pernas. Será que Lucy morreu exatamente por tentar fazer algo que já não era natural para sua espécie?

Fernando Reinach

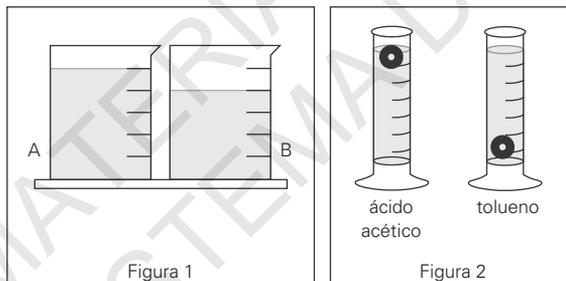
O Estado de S. Paulo, 24 set. 2016. Adaptado.

A técnica de datação radiológica por carbono-14 permite estimar a idade de um corpo, como o de Lucy, que apresentava  $1,2 \cdot 10^{12}$  átomos de carbono-14 quando viva.

Essa quantidade, em mols, corresponde a

- a)  $2,0 \cdot 10^{-12}$
- b)  $2,0 \cdot 10^{-11}$
- c)  $5,0 \cdot 10^{-11}$
- d)  $5,0 \cdot 10^{-12}$

- 16. PUC-SP** – Dois béqueres idênticos estão esquematizados na figura 1. Um deles contém certa massa de ácido acético (ácido etanoico) e o outro, a mesma massa de tolueno (metilbenzeno). As densidades das duas substâncias foram avaliadas utilizando-se uma mesma bolinha como indicado na figura 2.



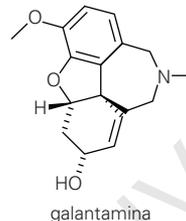
Designando o número de moléculas presentes no frasco A por  $N_A$  e o número de moléculas presentes no frasco B por  $N_B$ , pode-se afirmar que o frasco que contém o ácido acético e a relação entre o número de moléculas contidas em cada frasco é, respectivamente,

- a) Frasco A,  $N_A = N_B$ .
- b) Frasco A,  $N_A < N_B$ .
- c) Frasco A,  $N_A > N_B$ .
- d) Frasco B,  $N_A = N_B$ .
- e) Frasco B,  $N_A < N_B$ .

- 17. USCS-SP (adaptado)** – A bula de um medicamento usado para tratar o mal de Alzheimer de intensidade leve a moderada informa:

**Apresentação:** Cápsulas de liberação prolongada. Embalagem com 7 cápsulas.

**Composição:** Cada cápsula de liberação prolongada contém 10,25 mg de bromidrato de galantamina, equivalente a 8 mg de galantamina.



Sabendo que a massa molar da galantamina é  $287 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  e usando a constante de Avogadro  $= 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ , calcule o número de moléculas em uma cápsula do medicamento.

## ESTUDO PARA O ENEM

## 18. IMED-RS

C7-H24

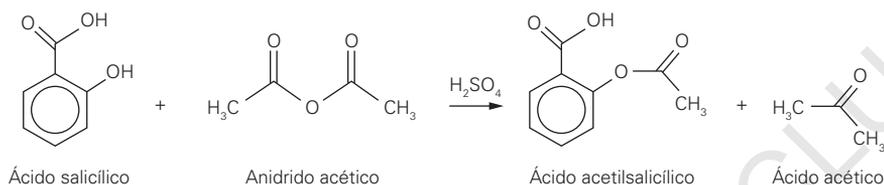
Assinale a alternativa que apresenta a massa, em gramas, de um átomo de vanádio. Considere:  $MA_v = 51u$  e o  $n^\circ$  de Avogadro:  $6,02 \cdot 10^{23}$ .

- a)  $8,47 \cdot 10^{-23}$  g
- b)  $8,47 \cdot 10^{23}$  g
- c)  $307 \cdot 10^{-23}$  g
- d)  $307 \cdot 10^{23}$  g
- e)  $3,07 \cdot 10^{21}$  g

## 19. Enem

C7-H24

O ácido acetilsalicílico, AAS (massa molar igual a 180 g/mol), é sintetizado por meio da reação do ácido salicílico (massa molar igual a 138 g/mol) com anidrido acético, usando-se ácido sulfúrico como catalisador, conforme a equação química:



Após a síntese, o AAS é purificado, e o rendimento final é de aproximadamente 50%. Em razão de suas propriedades farmacológicas (antitérmico, analgésico, anti-inflamatório e antitrombótico), o AAS é utilizado como medicamento na forma de comprimidos, nos quais se emprega tipicamente uma massa de 500 mg dessa substância.

Uma indústria farmacêutica pretende fabricar um lote de 900 mil comprimidos, de acordo com as especificações do texto. Qual é a massa de ácido salicílico, em kg, que deve ser empregada para esse fim?

- a) 293
- b) 345
- c) 414
- d) 690
- e) 828

## 20. FPS-PE

C7-H24

No estudo "Perspectivas de população mundial", divulgado em junho deste ano, a Organização das Nações Unidas (ONU) informou que a população do planeta Terra atingiu 7,2 bilhões de pessoas. Quantos mols de pessoas, aproximadamente, habitam a Terra?

Dados: 1 mol de objetos representa aproximadamente  $6,0 \cdot 10^{23}$  daqueles objetos.

- a)  $8,3 \cdot 10^{-13}$  mol de pessoas
- b)  $4,3 \cdot 10^{-32}$  mol de pessoas
- c)  $6,0 \cdot 10^{23}$  mol de pessoas
- d)  $7,2 \cdot 10^9$  mol de pessoas
- e)  $1,2 \cdot 10^{-14}$  mol de pessoas.

## 11

# DETERMINAÇÃO DE FÓRMULAS E LEIS PONDERAIS

- Conceito de fórmulas químicas
- Determinação de fórmula mínima (empírica ou estequiométrica)
- Determinação de fórmula molecular
- Determinação de fórmula percentual (centesimal)
- Conceito das leis ponderais
- Lei de conservação das massas
- Leis das proporções definidas

## HABILIDADES

- Calcular fórmula mínima.
- Calcular fórmula molecular.
- Calcular fórmula percentual.
- Traduzir a linguagem discursiva em relações matemáticas.
- Compreender as proporções em que as substâncias são consumidas e/ou produzidas.
- Demonstrar as proporções em que as substâncias são consumidas e/ou produzidas por meio das relações matemáticas.
- Comparar os métodos de resolução para cada situação criada.

As substâncias apresentam propriedades diferentes porque são formadas por arranjos atômicos diferentes.

A molécula de água, principal substância na hidrosfera e abundante na biosfera, líquido incolor, inodoro e insípido, essencial à vida, é constituída por dois átomos do elemento químico hidrogênio e por um átomo do elemento químico oxigênio.

Essa substância, e todas as outras conhecidas, apresenta composição química constante e pode ser representada por uma **fórmula química**.

As fórmulas químicas são representações que trazem informações importantes sobre uma referida substância.

Desse modo, pode-se estabelecer a **fórmula percentual** de uma substância, assim como, partindo dela, suas **fórmulas mínima** e **molecular**.

## Fórmula percentual ou centesimal

A fórmula percentual ou centesimal apresenta os elementos formadores de determinada substância, assim como a **porcentagem em massa** de cada um desses elementos. Por exemplo, a composição centesimal do metano ( $\text{CH}_4$ ) é 75% de carbono e 25% de hidrogênio. Isso significa que, em cada 100 g de metano, encontram-se 75 g de carbono e 25 g de hidrogênio. Sendo assim, a fórmula percentual representa a proporção em massa existente na substância, que é sempre constante.

O cálculo da fórmula percentual pode ser feito de duas maneiras diferentes, apresentadas a seguir.

### 1ª maneira

É informada a massa de cada elemento que se combina para formar a substância. Geralmente, essa massa é obtida em laboratório por uma análise chamada de elementar.

### Exemplo

|               |               |               |          |
|---------------|---------------|---------------|----------|
| Carbono       | + hidrogênio  | + oxigênio    | → etanol |
| 48 g          | + 12 g        | + 32 g        | → 92 g   |
| x             | y             | z             | 100 g    |
| Carbono       | Hidrogênio    | Oxigênio      |          |
| 92 g ——— 100% | 92 g ——— 100% | 92 g ——— 100% |          |
| 48 g ——— x%   | 12 g ——— y%   | 32 g ——— z%   |          |
| x = 52,17%    | y = 13,05%    | z = 34,78%    |          |

Portanto: C<sub>52,17%</sub>; H<sub>13,05%</sub>; O<sub>34,78%</sub>

| Composição centesimal | Fórmula percentual  |
|-----------------------|---|
| 52,17% de carbono     | C <sub>52,17%</sub> H <sub>13,05%</sub> O <sub>34,78%</sub> |
| 13,05% de hidrogênio  |   |
| 34,78% oxigênio       |   |

A fórmula percentual indica a porcentagem em massa de cada elemento formador da substância.

### 2ª maneira

É informada a fórmula molecular do composto.

### Exemplo

Se o etanol possui fórmula molecular  $C_2H_6O$ , qual é a composição percentual de cada elemento?

Massa molar do etanol ( $C_2H_6O$ ) = 46 g/mol, onde  
(2 · 12 g C) + (6 · 1 g H) + (1 · 16 g O):

|             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|
| Carbono     | Hidrogênio  | Oxigênio    |
| 46 g — 100% | 46 g — 100% | 46 g — 100% |
| 24 g — x%   | 6 g — y%    | 16 g — z%   |
| x = 52,17%  | y = 13,05%  | z = 34,78%  |

Portanto:  $C_{52,17\%}; H_{13,05\%}; O_{34,78\%}$

| Composição centesimal | Fórmula percentual                  |
|-----------------------|-------------------------------------|
| 52,17% de carbono     | $C_{52,17\%}H_{13,05\%}O_{34,78\%}$ |
| 13,05% de hidrogênio  |                                     |
| 34,78% oxigênio       |                                     |

## Fórmula empírica ou mínima ou estequiométrica

A fórmula mínima (ou empírica ou estequiométrica) é a que indica quais são os elementos formadores da substância, bem como a sua proporção, em número de átomos, expressa em **números inteiros e pelos menores números possíveis**.

O cálculo da fórmula percentual pode ser determinado de três maneiras distintas, apresentadas a seguir.

### 1ª maneira

É informada a fórmula molecular do composto. O cálculo da fórmula mínima é realizado dividindo-se o número de átomos (ou número de mols) da fórmula molecular pelo **máximo divisor comum** entre eles.

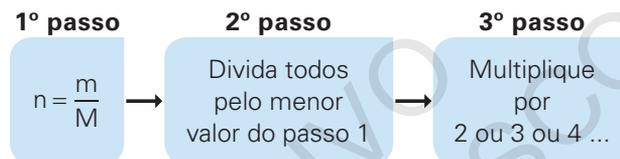
| Substância      | Fórmula molecular | ÷ MDC | Fórmula mínima |
|-----------------|-------------------|-------|----------------|
| Água oxigenada  | $H_2O_2$          | 2     | HO             |
| Benzeno         | $C_6H_6$          | 6     | CH             |
| Glicose         | $C_6H_{12}O_6$    | 6     | $CH_2O$        |
| Ácido Sulfúrico | $H_2SO_4$         | 1     | $H_2SO_4$      |

### Atenção!

Duas ou mais substâncias diferentes podem ter a mesma fórmula mínima, portanto a fórmula empírica não é utilizada para a identificação da substância; para a sua identificação, são necessárias mais informações.

### 2ª maneira

São informadas apenas as massas dos elementos que se combinam para formar a substância. Nesse caso, deve-se calcular o número de mols de cada um dos elementos presentes e, na sequência, se não forem obtidos os menores números inteiros possíveis, deve-se dividir todos os números pelo menor deles. Em alguns casos, se ainda não for obtida a sequência de números inteiros, deve-se multiplicar todos os números por um mesmo valor, a fim de obter apenas números inteiros.



### Exemplo

Para uma substância que apresenta 3,0 g de carbono, 0,5 g de hidrogênio e 1,6 g de oxigênio, a sequência de cálculos será a seguinte:

| Elemento   | 1º passo                  | 2º passo                 | 3º passo          | F. mínima      |
|------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|----------------|
| Carbono    | $\frac{3g}{12g} = 0,25$   | $\frac{0,25}{0,1} = 2,5$ | $2,5 \cdot 2 = 5$ | $C_5H_{10}O_2$ |
| Hidrogênio | $\frac{0,5g}{1g} = 0,50$  | $\frac{0,5}{0,1} = 5$    | $5 \cdot 2 = 10$  |                |
| Oxigênio   | $\frac{1,6g}{16g} = 0,10$ | $\frac{0,10}{0,10} = 1$  | $1 \cdot 2 = 2$   |                |

### 3ª maneira

São apresentadas apenas as porcentagens em massas dos elementos que se combinam para formar a substância. Aqui, o caminho matemático mais adequado é deduzir uma massa de 100 g. Com isso, os valores percentuais passam a corresponder a valores em massa e, a partir daí, realiza-se a determinação da fórmula empírica como mostrado anteriormente.

substância X    C = 40% em massa  
                           H = 6,7% em massa  
                           O = 53,3% em massa

Veja que, para 100 g da substância X, encontram-se 40 g de carbono, 6,7 g de hidrogênio e 53,3 g de oxigênio.

| Elemento   | 1º passo                   | 2º passo                | F. mínima   |
|------------|----------------------------|-------------------------|-------------|
| Carbono    | $\frac{40g}{12g} = 3,33$   | $\frac{3,33}{3,33} = 1$ | $C_1H_2O_1$ |
| Hidrogênio | $\frac{6,7g}{1g} = 6,7$    | $\frac{6,7}{3,33} = 2$  |             |
| Oxigênio   | $\frac{53,3g}{16g} = 3,33$ | $\frac{3,33}{3,33} = 1$ |             |

## FÓRMULA MOLECULAR OU BRUTA

A fórmula molecular é a representação que indica exatamente quais e quantos átomos de cada elemento químico constituem uma molécula de determinada substância.

### Exemplo

A fórmula molecular da sacarose é  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Isso significa que 1 molécula de sacarose é constituída de 12 átomos de carbono, 22 átomos de hidrogênio e 11 átomos de oxigênio.

Os índices subscritos numa fórmula indicam tanto a proporção atômica com que os elementos se combinam quanto a proporção molar dos respectivos elementos.

| $C_{12}H_{22}O_{11}$    |                                 |
|-------------------------|---------------------------------|
| Proporção atômica       | Proporção molar                 |
| 12 átomos de carbono    | 12 mols de átomos de carbono    |
| 22 átomos de hidrogênio | 22 mols de átomos de hidrogênio |
| 11 átomos de oxigênio   | 11 mols de átomos de oxigênio   |

Para determinar a fórmula molecular, independentemente das informações disponíveis, é necessário que se conheça a massa molecular da substância.

A determinação da fórmula molecular pode ser feita de duas maneiras distintas apresentadas a seguir.

### 1ª maneira

Parte-se da fórmula mínima.

A massa molecular será um múltiplo inteiro da massa da fórmula mínima:

$$n = \frac{\text{massa da fórmula molecular}}{\text{massa da fórmula mínima}}$$

| Substância     | Fórmula mínima | Massa f. mínima | Massa f. molecular | n | Fórmula molecular |
|----------------|----------------|-----------------|--------------------|---|-------------------|
| Água oxigenada | HO             | 17 u            | 34 u               | 2 | $H_2O_2$          |
| Ácido acético  | $CH_2O$        | 13 u            | 26 u               | 2 | $C_2H_4O_2$       |
| Glicose        | $CH_2O$        | 30 u            | 180 u              | 6 | $C_6H_{12}O_6$    |

### 2ª maneira

Parte-se da fórmula percentual.

Como citado anteriormente, a fórmula percentual apresenta a massa, em gramas, do elemento a cada 100 gramas do composto. Dessa forma, é necessário calcular a massa dos elementos existentes no composto, considerando a massa molar como 100%. Posteriormente, com as massas, em gramas, divididas pela massa molar de cada elemento, obtém-se a quantidade, em mols, de cada elemento e, conseqüentemente, a fórmula molecular.

| $C_{40\%}H_{6,7\%}O_{53,3\%}$ Massa Molar = 180 g/mol |   |                                |                   |
|---|---|--------------------------------|-------------------|
| Elemento  | Cálculo da massa, em gramas   | Cálculo da quantidade, em mols | Fórmula molecular |
| Carbono   | $100 \text{ g} \text{ — } 40 \text{ g}$<br>$180 \text{ g} \text{ — } x$<br>$x = 72 \text{ g}$   | $n = \frac{72}{12} = 6$        | $C_6H_{12}O_6$    |
| Hidrogênio  | $100 \text{ g} \text{ — } 6,7 \text{ g}$<br>$180 \text{ g} \text{ — } y$<br>$y = 12 \text{ g}$  | $n = \frac{12}{1} = 12$        |                   |
| Oxigênio  | $100 \text{ g} \text{ — } 53,3 \text{ g}$<br>$180 \text{ g} \text{ — } z$<br>$z = 96 \text{ g}$ | $n = \frac{96}{16} = 6$        |                   |

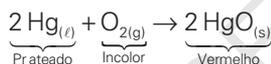
## LEIS PONDERAIS

Ao final do século XVIII, a química firmou-se como ciência, principalmente em razão dos experimentos realizados com base nas observações das massas das substâncias que participavam dos fenômenos químicos; surge, então, o nome **leis ponderais**. Lavoisier foi quem desbravou esse campo de investigação. Proust, responsável pela elaboração da lei das proporções definidas, contribuiu para a confirmação da teoria atômica de Dalton e é considerado um dos precursores da química analítica.

### Lei de conservação das massas (lei de Lavoisier)

“Nada vem do nada” é uma ideia importante na filosofia grega antiga que argumenta que o que existe agora sempre existiu, já que nenhuma matéria nova pode vir a existir onde antes não existia. Antoine Lavoisier (1743-1794) reafirmou esse princípio para a química com a lei da conservação das massas, que “significa que os átomos de um objeto não podem ser criados ou destruídos, mas podem ser movidos e transformados em partículas diferentes”. Essa lei diz que, quando uma reação química reorganiza átomos em um novo produto, a massa dos reagentes (produtos químicos antes da reação química) é a mesma que a massa dos produtos (os novos produtos químicos produzidos).

Lavoisier trabalhou muito com reações de combustão, entre elas a reação apresentada a seguir.



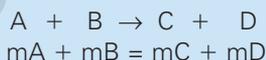
$$100,2 \text{ g} + 8 \text{ g} = 108,2 \text{ g}$$

$$(\text{Massa dos reagentes}) = (\text{Massa do produto})$$

Com base na análise dos dados obtidos em várias experiências, Lavoisier chegou à seguinte conclusão:

Num sistema fechado, a massa total das substâncias, antes da transformação química (reagentes), é igual à massa total após a transformação (produtos).

Daí o enunciado: “Na natureza, nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.”

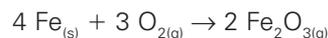


#### Atenção!

É importante salientar que a análise das massas dos reagentes e dos produtos de uma reação deve ser realizada em um **sistema fechado**, obedecendo à proporção estequiométrica da reação. Veja os casos apresentados a seguir.

#### Caso 1: Análise da reação realizada em um sistema aberto.

Realizou-se a reação de combustão de lascas de ferro e a consequente formação do óxido férrico em um béquer e observou-se o aumento da massa total.

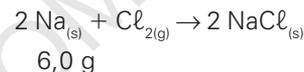


#### Conclusão

A balança, nesse sistema aberto, mediu a massa apenas do ferro ( $\text{Fe}_{(s)}$ ) e, depois, da reação do óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$ ) formado, não levando em consideração a massa do gás oxigênio no início da reação.

#### Caso 2: Análise da reação realizada fora da proporção estequiométrica dos reagentes.

Realizou-se a reação de 6,0 g de lascas de sódio ( $\text{Na}_{(s)}$ ) com 7,1 g de gás cloro ( $\text{Cl}_{2(g)}$ ) e verificou-se a formação de 11,7 g de cloreto de sódio ( $\text{NaCl}_{(s)}$ ), o que resultou um excesso de 1,4 g de sódio, que não reagiu.



$$6,0 \text{ g}$$

$$\text{Excesso: } -1,4 \text{ g}$$

$$4,6 \text{ g} + 7,1 \text{ g} = 11,7 \text{ g}$$

#### Conclusão

A lei da conservação das massas é aplicada nas massas totais antes e depois da reação. Antes de a reação ocorrer, a massa do sistema era de 6,0 g de sódio + 7,1 g de gás cloro, totalizando 13,1 g; contudo, após a reação, a massa do sistema passou a ser de 11,7 g de cloreto de sódio + 1,4 g de sódio, totalizando 13,1 g.

Essa foi a primeira lei das combinações químicas ou leis ponderais e, em função dela, outras foram surgindo para explicar as regularidades que ocorrem nas combinações químicas.

### Lei das proporções fixas ou definidas (lei de Proust)

Joseph Proust (1754-1826) formulou a lei das proporções definidas (também chamada lei das proporções constantes ou lei de Proust). Essa lei estabelece que, se um composto é decomposto em seus elementos constituintes, as massas dos constituintes terão sempre as mesmas proporções, independentemente da quantidade ou fonte da substância original.

Proust tinha como objetivo analisar a composição das substâncias. Verificando amostras de água de várias procedências (água da chuva, água de rio, água de lago), previamente purificadas e decompostas por eletrólise (decomposição pela eletricidade), obteve gás hidrogênio e gás oxigênio. Levando em consideração todas as substâncias, chegou aos resultados apresentados na tabela a seguir.

| Experiência | Massa de água purificada | Massa de gás hidrogênio | Massa de gás oxigênio | Relação $\frac{m_{\text{gás hidrogênio}}}{m_{\text{gás oxigênio}}}$ |
|-------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|---|
| I           | 9 g                      | 1 g                     | 8 g                   | 0,125 = 1/8   |
| II          | 18 g                     | 2 g                     | 16 g                  | 0,125 = 1/8   |
| III         | 36 g                     | 4 g                     | 32 g                  | 0,125 = 1/8   |
| IV          | 72 g                     | 8 g                     | 64 g                  | 0,125 = 1/8   |
| V           | 90 g                     | 10 g                    | 80 g                  | 0,125 = 1/8   |

Proust conclui que não importava a procedência da água, desde que fosse purificada; esta era formada por uma proporção em massa fixa de oxigênio e hidrogênio. Assim, Proust deduziu:

Independentemente da origem de uma determinada substância pura, ela é sempre formada pelos mesmos elementos químicos, combinados entre si na mesma proporção em massa.

Outra consequência da lei de Proust é a composição centesimal das substâncias, que indica a porcentagem, em massa, de cada elemento que constitui a substância.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## ROTEIRO DE AULA

## Determinação de fórmulas químicas

## Fórmula mínima

Menor proporção de números inteiros  
entre os átomos



## Fórmula centesimal

Indica a porcentagem, em massa, de  
cada elemento presente na molécula

$\text{H}_2\text{O}$  (18 g/mol)  
H = 1 g/mol  
O = 16 g/mol



## Fórmula molecular

Apresenta quantos e  
quais são os elementos  
presentes na molécula

Exemplo

# ROTEIRO DE AULA

## Leis ponderais

### Lei de Lavoisier

Na natureza, nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.

---

---

---

### Lei de Proust

Independentemente da origem de uma determinada substância pura, ela é sempre formada pelos mesmos elementos químicos, combinados entre si na mesma proporção em massa.

---

---

---

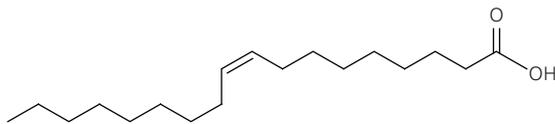
---

---

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

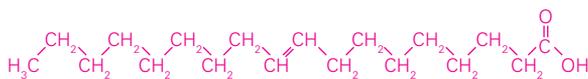
## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **Unifesp (adaptado)** – Analise a fórmula que representa a estrutura molecular do ácido oleico.



Escreva as fórmulas molecular e mínima do ácido oleico.

Fórmula molecular do ácido oleico:  $C_{18}H_{34}O_2$ .



Fórmula mínima do ácido oleico:  $C_9H_{17}O$ .



2. **Unioeste-PR (adaptado)** – Uma molécula cuja massa molar é  $74 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  possui a seguinte composição centesimal  $C_{64,9\%}, H_{13,5\%}, O_{21,6\%}$ . Com base nesses dados, escreva a fórmula molecular dessa molécula.

$$M_{C_{64,9\%}, H_{13,5\%}, O_{21,6\%}} = 74 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\begin{array}{l} \text{Carbono } 74\text{g} \text{ — } 100\% \\ \quad \quad \quad \text{xg} \text{ — } 64,9\% \\ \quad \quad \quad \text{x} = 50,2\% \end{array} \quad \frac{50,2\text{g}}{12\text{g}} \approx 4,0$$

$$\begin{array}{l} \text{Hidrogênio } 74\text{g} \text{ — } 100\% \\ \quad \quad \quad \text{yg} \text{ — } 13,5\% \\ \quad \quad \quad \text{y} = 9,9\% \end{array} \quad \frac{9,9\text{g}}{1\text{g}} = 9,9 \approx 10$$

$$\begin{array}{l} \text{Oxigênio } 74\text{g} \text{ — } 100\% \\ \quad \quad \quad \text{zg} \text{ — } 21,6\% \\ \quad \quad \quad \text{z} = 15,9\% \end{array} \quad \frac{15,9\text{g}}{16\text{g}} \approx 1,0$$

Fórmula molecular:  $C_4H_{10}O$

3. **UEG-GO**

C7-H24

Determinado óxido de urânio é a base para geração de energia através de reatores nucleares, e sua amostra pura é composta por 24,64 g de urânio e 3,36 g de oxigênio. Considerando-se essas informações, a fórmula mínima desse composto deve ser

**Dados:**  $MA_o = 16 \text{ g/mol}$        $MA_u = 238 \text{ g/mol}$

- a) UO  
 b)  $UO_2$   
 c)  $U_2O_3$   
 d)  $U_2O$   
 e)  $U_2O_5$

$$n_u = \frac{m}{M} = \frac{24,64 \text{ g}}{238 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,1035 \text{ mol}$$

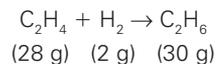
$$n_o = \frac{m}{M} = \frac{3,36 \text{ g}}{16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,21 \text{ mol}$$

$$U_{\frac{0,1035}{0,1035}} O_{\frac{0,21}{0,1035}} \Rightarrow UO_2$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

4. **Cefet-MG** – Observe a equação química a seguir:



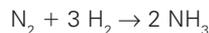
A comparação entre as massas do produto e dos reagentes relaciona-se à lei de

- a) Böhr.  
 b) Dalton.  
 c) Lavoisier.  
 d) Rutherford.

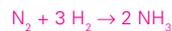
Lavoisier enunciou a "lei de conservação das massas", que diz:

"Num recipiente fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos."

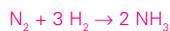
**5. IFCE (adaptado)** – Com base nas leis de Lavoisier e de Proust, determine os valores de **a**, **b**, **c**, **d** e **e**, respectivamente, observando os experimentos realizados para a reação a seguir.



| Experimento | Nitrogênio | Hidrogênio | Amônia   | Excesso  |
|-------------|------------|------------|----------|----------|
| I           | 28,0       | <b>a</b>   | 34,0 g   | 0,0      |
| II          | <b>b</b>   | 12,0 g     | <b>c</b> | 0,0      |
| III         | 57,0 g     | 12,0 g     | <b>d</b> | <b>e</b> |



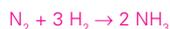
| Experimento | Nitrogênio        | Hidrogênio                 | Amônia            | Excesso         |
|-------------|-------------------|----------------------------|-------------------|-----------------|
| I           | 28,0 g            | <b>a</b> = 3 · 2 g = 6,0 g | 34,0 g            | 0,0             |
| II          | <b>b</b> = 56,0 g | 12,0 g                     | <b>c</b> = 68,0 g | 0,0             |
| III         | 57,0 g            | 12,0 g                     | <b>d</b> = 68,0 g | <b>e</b> = 10 g |



$$28 \text{ g} \text{ — } 6 \text{ g}$$

$$b \text{ — } 12 \text{ g}$$

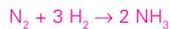
$$b = 56,0 \text{ g}$$



$$6 \text{ g} \text{ — } 34 \text{ g}$$

$$12 \text{ g} \text{ — } c$$

$$c = 68,0 \text{ g}$$

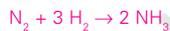


$$28 \text{ g} \text{ — } 6 \text{ g} \text{ — } 34 \text{ g}$$

$$x \text{ — } 12 \text{ g}$$

$$x = 56 \text{ g de N}_2, \text{ portanto excesso de } 1,0 \text{ g.}$$

$$e = 1,0 \text{ g}$$



$$6 \text{ g} \text{ — } 34 \text{ g}$$

$$12 \text{ g} \text{ — } d$$

$$d = 68,0 \text{ g}$$

**6. Col. Naval-RJ** – Suponha que, quando se aquece uma amostra de esponja de aço composta exclusivamente por ferro (Fe), em presença de oxigênio do ar, ela entra em combustão formando como único produto o óxido de ferro III. Logo, se 50 g de esponja de aço forem aquecidas e sofrerem combustão total, a massa do produto sólido resultante será

**a)** menor do que 50 g, pois, na combustão, forma-se também  $\text{CO}_{2(\text{g})}$ .

**b)** menor do que 50 g, pois o óxido formado é muito volátil.

**c)** igual a 50 g, pois a massa conserva-se nas transformações químicas.

**d)** maior do que 50 g, pois o ferro é mais denso do que o oxigênio.

**e)** maior do que 50 g, pois átomos de oxigênio ligam-se a átomos de ferro.



$$2 \cdot 56 \text{ g} \text{ — } 160 \text{ g}$$

$$50 \text{ g} \text{ — } x$$

$$x = 71,42 \text{ g}$$

A massa de óxido de ferro III formada será maior que a do ferro, pois haverá reação com o oxigênio, ou seja, átomos de oxigênio vão se ligar a átomos de ferro, formando o óxido de ferro III, cuja massa será maior que a de cada um individualmente.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. PUC-RJ (adaptado)** – O timerosal ( $\text{NaC}_9\text{H}_9\text{HgO}_2\text{S}$ ) é uma substância conservante, adicionada em vacinas e soluções oftalmológicas para evitar o crescimento bacteriano. Por conter mercúrio, um elemento tóxico, em sua estrutura, seu uso vem sendo questionado. Calcule o valor aproximado da porcentagem em massa de mercúrio presente no timerosal.

**Dados:** C = 12 u; O = 16 u; Na = 23 u e S = 32 u.

---

---

---

---

---

---

---

---

**8. FCM-PB** – A análise de 37,0 g de uma substância desconhecida mostrou que, quando decomposta completamente, apresentava 18,0 g de carbono, 3,0 g de hidrogênio e 16,0 g de oxigênio. Sabendo que sua massa molecular é 148 u e que esses elementos são os únicos em sua constituição, qual é a sua fórmula molecular?

- a)  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$
- b)  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_4$
- c)  $\text{C}_7\text{H}_{16}\text{O}_3$
- d)  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_5$
- e)  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_4$

**9. Uece** – A fórmula empírica de um composto orgânico derivado de alcano, usado como propelente e herbicida, que apresenta em massa a composição 23,8% de C; 5,9% de H e 70,3% de Cl, é

- a)  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$
- b)  $\text{CHCl}_3$
- c)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$
- d)  $\text{CH}_3\text{Cl}$

**10. Univag-MT (adaptado)** – Certo ácido orgânico apresenta a fórmula centesimal  $\text{C}_{26,7\%}\text{H}_{2,2\%}\text{O}_{71,1\%}$ . Determine a fórmula mínima desse ácido.

**Dados:** H = 1 u; C = 12 u; O = 16 u.

---

---

---

---

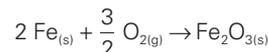
---

---

---

---

**11. Cefet-MG (adaptado)** – A oxidação espontânea do ferro, representada na equação, leva à formação da ferrugem, caracterizada como óxido de ferro III.



Suponha que uma placa de ferro de 112 g foi guardada em um recipiente fechado, com ar. Após a degradação completa, detectou-se 160 g de ferrugem.

Qual a massa de oxigênio, aproximada, em gramas, consumida nessa reação?

---

---

---

---

---

---

---

---

**12. UFRN** – Uma lei química expressa regularidades dos processos químicos, permitindo explicá-los e fazer previsões de comportamentos de fenômenos que pertencem ao contexto de aplicação dessa lei. Por exemplo, a lei das proporções constantes de Proust expressa uma das mais importantes regularidades da natureza. Segundo essa lei,

- a) a composição química das substâncias compostas é sempre constante, não importando qual a sua origem, mas dependendo do método utilizado, na indústria ou no laboratório, para obtê-las.
- b) a composição química das misturas é sempre constante, não importando qual sua origem, apenas dependendo do método utilizado, na indústria ou no laboratório, para obtê-las.
- c) a composição química das misturas é sempre constante, não importando qual sua origem ou o método para obtê-las.
- d) a composição química das substâncias compostas é sempre constante, não importando qual a sua origem ou o método para obtê-las.

**13. UFG-GO** – Leia o texto a seguir.

[...] Como a Revolução Francesa não teve apenas por objeto mudar um governo antigo, mas abolir a forma antiga da sociedade, ela teve de ver-se a braços a um só tempo com todos os poderes estabelecidos, arruinar todas as influências reconhecidas, apagar as tradições, renovar os costumes e os usos e, de alguma maneira, esvaziar o espírito humano de todas as ideias sobre as quais se tinham fundado até então o respeito e a obediência. [...]

TOCQUEVILLE, A. de. *O antigo regime e a revolução*. Brasília: Editora da UnB, 1989.

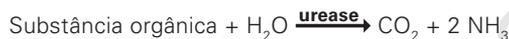
A ideia expressa que se coaduna com o texto e os ideais da Revolução Francesa dizem o seguinte:

- a) "Nada é tão maravilhoso que não possa existir, se admitido pelas leis da natureza". (Michael Faraday)
- b) "Toda sentença que eu digo deve ser entendida não como afirmação, mas como uma pergunta". (Niels Bôhr)
- c) "Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma". (Antoine Lavoisier)
- d) "A relação entre a química e a música é a criatividade. Assim, ambas são uma arte". (Dimitri Mendeleev)
- e) "Apenas a prática frequente faz com que a pessoa realize experimentos complexos". (Joseph Priestley)

**14. Cefet-MG** – Tomando-se como referência o estudo das reações químicas, é correto afirmar que a

- a) razão constante entre as massas dos reagentes e as dos produtos reflete a lei das proporções de Proust.
- b) massa total dos reagentes é igual à massa total dos produtos, em um sistema aberto, conforme Lavoisier.
- c) transformação espontânea de gelo seco em gás é uma evidência experimental de um fenômeno químico.
- d) decomposição do  $\text{H}_2\text{CO}_3$  em água e gás carbônico apresenta os coeficientes estequiométricos 2 : 1 : 3, respectivamente.

**15. PUC-RJ (adaptado)** – A uréase é uma enzima que catalisa a reação de uma determinada substância orgânica (com massa molar igual a  $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) com a água, formando  $\text{CO}_2$  e  $\text{NH}_3$  segundo a equação a seguir:



A substância em questão tem geometria trigonal plana e é simétrica, com uma ligação dupla e seis simples. A substância foi submetida a uma análise elemental, e o seguinte resultado foi obtido: C (20,0%); O (26,7%); N (46,7%); H (6,6%). Sobre essa substância, proceda como indicado a seguir.

- a) Escreva sua fórmula molecular.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

- b) Escreva sua fórmula estrutural.

---



---



---



---



---



---

**16. Ulbra-RS** – No capítulo "Raios penetrantes", Oliver Sacks relembra um exame de úlcera do estômago que presenciou quando criança.

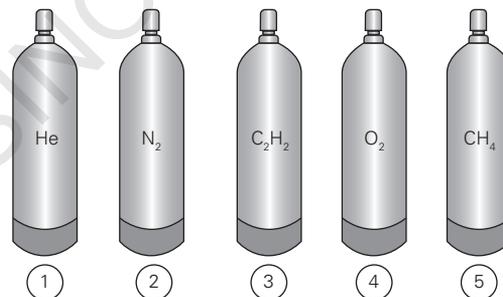
Mexendo a pesada pasta branca, meu tio continuou: 'Usamos sulfato de bário porque os íons de bário são pesados e quase opacos para os raios X'. Esse comentário me intrigou, e eu me perguntei por que não se podiam usar íons mais pesados. Talvez fosse possível fazer um 'mingau' de chumbo, mercúrio ou tálio – todos esses elementos tinham íons excepcionalmente pesados, embora, evidentemente, ingeri-los fosse letal. Um mingau de ouro e platina seria divertido, mas caro demais. 'E que tal mingau de tungstênio?', sugeri. 'Os átomos de tungstênio são mais pesados que os do bário, e o tungstênio não é tóxico nem caro.'

SACKS, O. *Tio Tungstênio: memórias de uma infância química*. São Paulo: Cia. das Letras, 2002.

O material usado no exame citado no texto, sulfato de bário, quando puro, apresenta, aproximadamente, que porcentagem (em massa) de bário?

- a) 85%
- b) 74%
- c) 59%
- d) 40%
- e) 10%

**17. Famerp-SP (adaptado)** – A imagem mostra cilindros de mesma capacidade, cada um com gás de uma substância diferente, conforme indicado, todos à mesma pressão e temperatura.



Qual é o cilindro que contém a maior massa de gás em seu interior?

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

## ESTUDO PARA O ENEM

## 18. UEL-PR

C7-H24

Leia o texto a seguir.

Para muitos filósofos naturais gregos, todas as substâncias inflamáveis continham em si o elemento fogo, que era considerado um dos quatro elementos fundamentais. Séculos mais tarde, George Stahl ampliou os estudos sobre combustão com a teoria do flogístico, segundo a qual a combustão ocorria com certos materiais porque estes possuíam um “elemento” ou um princípio comum inflamável que era liberado no momento da queima. Portanto, se algum material não queimasse, era porque não teria flogístico em sua composição. Uma dificuldade considerável encontrada pela teoria do flogístico era a de explicar o aumento de massa dos metais após a combustão, em sistema aberto. Lavoisier critica a teoria do flogístico e, após seus estudos, conciliou a descoberta acidental do oxigênio, feita por Joseph Priestley, com seus estudos, chegando à conclusão de que o elemento participante da combustão estava nesse componente da atmosfera (o ar em si) juntamente com o material, e não em uma essência que todos os materiais continham.

STRATHERN, P. “O princípio da combustão”. In: STRATHERN, P. *O sonho de Mendeleiev*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002. p.175-193. Adaptado.

Com base no texto e nos conhecimentos sobre combustão, assinale a alternativa correta.

- De acordo com a lei de Lavoisier, ao queimar uma palha de aço, em um sistema fechado, a massa do sistema aumenta.
- Ao queimar uma folha de papel em uma caixa aberta, a massa da folha de papel diminui, porque os produtos da combustão são gasosos e dispersam-se na atmosfera.
- Ao queimar uma vela sobre uma bancada de laboratório, a massa da vela mantém-se constante, pois houve apenas uma mudança de estado físico.
- Considere que, em um sistema fechado, 32,7 g de zinco em pó reagem com 4 g de gás oxigênio, formando 40,7 g de óxido de zinco (ZnO).
- Na combustão do carvão, em um sistema fechado, 1 mol de  $C_{(s)}$  reage com 1 mol de oxigênio, formando 2 mol de dióxido de carbono ( $CO_2$ ).

## 19. UEMA

C7-H24

Leia a frase que representa um dos efeitos do café.

As pessoas “[...] nunca devem tomar café depois do almoço, faz com que percam o sono à tarde”.

COOPER, Jilly. *Propriedades do Café*. Disponível em: <<https://www.pensador.com/frase/NTc0/>>. Acesso em: 24 jul. 2014.

O efeito do café, apresentado no texto, é causado pelas substâncias solúveis nele contidas, dentre as quais destaca-se a cafeína, um alcaloide do grupo das xantinas de fórmula química  $C_8H_{10}N_4O_2$ , que, na literatura, é classificada como uma fórmula

- empírica.
- eletrônica.
- molecular.
- percentual.
- estrutural plana.

## 20. Uni-FACEF-SP

C7-H24

Foram realizados dois experimentos cujos dados constam na tabela.

## Magnésio + gás oxigênio → óxido de magnésio

|               |                |                 |                             |
|---------------|----------------|-----------------|-----------------------------|
| Experimento 1 | 6,0 g magnésio | x g de oxigênio | 10,0 g de óxido de magnésio |
| Experimento 2 | y              | 0,5 g           | z                           |

Os valores de x, y e z, em gramas, que completam, correta e respectivamente, a tabela são

- 4,0; 12,0 e 12,5
- 16,0; 6,0 e 5,5
- 4,0; 0,75 e 1,25
- 16,0; 0,75 e 0,25
- 4,0; 1,5 e 2,0

## 12

# CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS I: MOL-MOL, MASSA-MASSA, MASSA-MOL, VOLUME-MOL

- Cálculo estequiométrico
- Cálculo estequiométrico; mol – massa
- Cálculo estequiométrico; massa – massa
- Balanceamento de equações
- Cálculo estequiométrico; mol – volume
- Cálculo estequiométrico; quantidade de moléculas e átomos

## HABILIDADES

- Trabalhar com a conservação de massas.
- Trabalhar com as proporções entre mol e massa.
- Entender as relações de grandezas apoiadas nos coeficientes da equação química.
- Trabalhar com relações de mol, volume e quantidade de moléculas e átomos.

Os cálculos referentes às relações quantitativas dos constituintes de uma ou de duas ou mais espécies químicas participantes de uma transformação química são chamados de **cálculos estequiométricos**.

A palavra **estequiometria**, do grego *stoikheion* (“elemento” ou “substância”) e *metron* (“medida”) significa **medida de uma substância**.

## Estequiometria

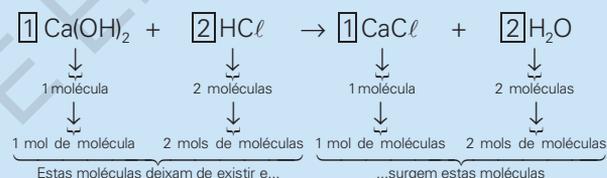
Estequiometria é uma seção da química que envolve o uso de relações entre reagentes e/ou produtos em uma reação química para determinar os dados quantitativos desejados. Para usar a estequiometria a fim de executar cálculos sobre reações químicas, é importante, primeiramente, entender as relações que existem entre produtos e reagentes e por que elas existem.

Os químicos usam as relações constantes entre as quantidades dos participantes para:

- calcular a quantidade de um produto que se quer produzir;
- calcular a quantidade de uma substância que deve ser usada em um processo.

Leia o exemplo descrito a seguir.

O hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) – usado no refino do açúcar e no tratamento da água –, quando na presença de ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ), sofre transformação representada pela equação



Os coeficientes fornecem a relação em quantidade de matéria (mol) com que as substâncias reagem (deixam de existir) e se formam (surgem).

Depois de estabelecida a relação em mol (estequiometria da reação), obtêm-se as demais relações (em massa, em volume, entre outras).

## BALANCEAMENTO DE EQUAÇÕES POR TENTATIVAS

O nome desse método vem de seu caráter empírico: “supõem-se” os coeficientes da equação até se obter a igualdade no número de átomos de reagentes e produtos. Apesar das “tentativas e erros”, é possível cumprir uma sequência ou etapas que facilitam a determinação dos coeficientes.

Etapas do balanceamento de uma reação por tentativas:

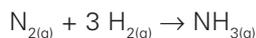
1. Encontrar um elemento ou radical na reação que tenha a maior atomicidade.
2. Repassar o número da atomicidade desse mesmo elemento no outro lado da reação como coeficiente.
3. Equilibrar os demais elementos.

Observe a reação.



O elemento hidrogênio na reação é o de maior atomicidade: três no produto.

Repassando para ele mesmo no reagente:



Se são seis hidrogênios no reagente, é preciso haver seis no produto.



Com dois nitrogênios no produto e dois no reagente, a equação está balanceada.

## Regras para a resolução de problemas de estequiometria

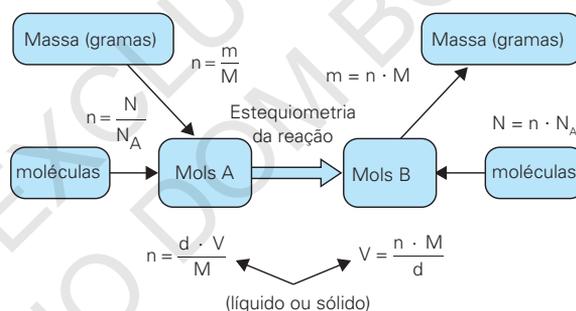
Na estequiometria, os cálculos sempre são fundamentados à luz das leis de Lavoisier, Proust e Gay-Lussac, sendo que, nesse último caso, a reação envolve gases que estão na mesma condição de temperatura e pressão.

Com base nessas informações, deve-se sempre considerar os coeficientes da equação química devidamente balanceada como referência e, por meio deles, estabelecer a proporção em mols dos elementos ou das substâncias da reação.

A sequência apropriada para os cálculos estequiométricos está descrita a seguir.

- 1º Escrever a equação relacionada com o problema.
- 2º Acertar os coeficientes da equação (balanceamento).
- 3º Relacionar cada coeficiente com a quantidade em mols da espécie participante (proporção em mols entre reagentes e produtos).
- 4º Conhecida a proporção em mols (coeficientes), pode-se chegar à proporção pedida no problema, que pode ser em mols, massa, átomos, moléculas, volume etc.

A seguir, há um esquema geral para uma correlação entre o reagente A e o produto B de uma determinada reação:



### Exemplos:

#### Síntese da amônia

| Tipo de relação        | $\text{N}_{2(\text{g})}$ | + | $3 \text{H}_{2(\text{g})}$  | → | $2 \text{NH}_{3(\text{g})}$ |
|------------------------|--------------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|
| Proporção em mols      | 1 mol                    |   | 3 mols                      |   | 2 mols                      |
|                        | ↓                        |   | ↓                           |   | ↓                           |
| Proporção em massa     | 28 g                     |   | $3 \cdot 2 \text{ g}$       |   | $2 \cdot 17 \text{ g}$      |
|                        | ↓                        |   | ↓                           |   | ↓                           |
| Proporção em moléculas | $6,0 \cdot 10^{23}$      |   | $3 \cdot 6,0 \cdot 10^{23}$ |   | $2 \cdot 6,0 \cdot 10^{23}$ |

#### Combustão do álcool etílico

| Tipo de relação        | $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_{(\text{l})}$ | + | $3 \text{O}_{2(\text{g})}$  | → | $2 \text{CO}_{2(\text{g})}$ | + | $3 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ |
|------------------------|---|---|-----------------------------|---|-----------------------------|---|-------------------------------------|
| Proporção em mols      | 1 mol                                       |   | 3 mols                      |   | 2 mols                      |   | 3 mols                              |
|                        | ↓   |   | ↓                           |   | ↓                           |   | ↓                                   |
| Proporção em massa     | 46 g  |   | $3 \cdot 32 \text{ g}$      |   | $2 \cdot 44 \text{ g}$      |   | $3 \cdot 18 \text{ g}$              |
|                        | ↓   |   | ↓                           |   | ↓                           |   | ↓                                   |
| Proporção em moléculas | $6,0 \cdot 10^{23}$                         |   | $3 \cdot 6,0 \cdot 10^{23}$ |   | $2 \cdot 6,0 \cdot 10^{23}$ |   | $3 \cdot 6,0 \cdot 10^{23}$         |

#### Atenção!

Para a obtenção dos volumes de líquidos e sólidos, é necessária a utilização da fórmula da densidade.

$$d = \frac{m}{V}$$

## Relações entre grandezas

Como a equação química expressa a proporção, em quantidade de matéria, das substâncias envolvidas na reação, é muito simples, por meio dela, determinar as massas das substâncias que reagem ou são produzidas quando uma delas é fornecida.

### RELAÇÃO ENTRE QUANTIDADE DE MATÉRIA (MOL) E QUANTIDADE DE MATÉRIA (MOL)

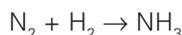
A proporção em quantidade de matéria (mols) de moléculas entre duas substâncias de uma reação é a mesma proporção em moléculas, e ambas coincidem com a proporção entre os coeficientes da equação.

#### Exemplo

Calcule a quantidade de matéria do gás nitrogênio ( $N_2$ ) necessária para reagir com 12 mol de gás hidrogênio ( $H_2$ ), formando amônia ( $NH_3$ ).

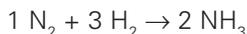
#### 1º Passo:

Identificação da equação química, pois é necessário escrevermos a equação envolvida na reação: o nitrogênio reage com o hidrogênio, formando amônia.



#### 2º Passo:

Balanceamento da equação química:



#### 3º Passo:

Identificação da relação estequiométrica envolvida no cálculo em questão:



proporção de mols: 1 mol      3 mol  
dados do enunciado: n mol      12 mol

regra de três: 1 mol — 3 mol  
n mol — 12 mol  
n = 4 mol  $N_2$

### RELAÇÃO ENTRE QUANTIDADE DE MATÉRIA E MASSA

O problema apresenta os dados em termos de quantidades em mols (ou massa), e a quantidade incógnita é pedida em massa (ou em termos de quantidade de matéria em mols).

massa (g)  $\xrightarrow{\text{massa molar (g/mol)}}$  quantidade de matéria (mol)

Com isso, podemos montar a seguinte relação:

amostra de M g  $\xrightarrow{\text{corresponde a}}$  1 mol ou

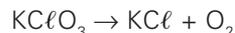
$$1 \text{ amostra de } m \text{ g} \xrightarrow{\text{corresponde a}} n \text{ mol} \left\{ \begin{array}{l} n = \frac{m \cdot 1 \text{ mol}}{M \text{ g}} \\ m = \frac{n \text{ mol} \cdot M \text{ g}}{1 \text{ mol}} \end{array} \right.$$

#### Exemplo

Calcule a massa de cloreto de potássio (KCl) por meio da composição de 3 mols de clorato de potássio ( $KClO_3$ ), formando cloreto de potássio e gás oxigênio ( $O_2$ ).

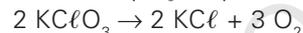
#### 1º Passo:

Identificação da equação química que representa a reação:



#### 2º Passo:

Balanceamento da equação química:



#### 3º Passo:

Identificação da relação estequiométrica envolvida no cálculo em questão:



proporção de mols: 2 mol      2 mol

transformação do mol na

grandeza do enunciado: 2 mol      2 · 74,6 g

dados do enunciado: 3 mol      m

regra de três: 2 mol — 2 · 74,6 g

3 mol — m

m = 223,8 g KCl

### RELAÇÃO ENTRE MASSA E MASSA

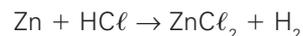
Os dados do problema e as quantidades incógnitas pedidas são expressos em termos de massa.

#### Exemplo

Calcule a massa de zinco (Zn) necessária para reagir com 109,5 g de ácido clorídrico (HCl), formando cloreto de zinco ( $ZnCl_2$ ) e gás hidrogênio ( $H_2$ ).

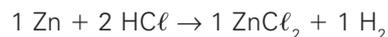
#### 1º Passo:

Identificação da equação química que representa a reação:



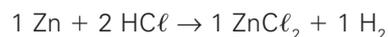
#### 2º Passo:

Balanceamento da equação química:



#### 3º Passo:

Identificação da relação estequiométrica envolvida no cálculo em questão:



proporção de mols: 1 mol      2 mol

transformação do mol na grandeza

do enunciado: 65,5 g      2 · 36,5 g

dados do enunciado: m      2 · 36,5 g

regra de três: 65,5 g Zn — 2 · 36,5 g HCl

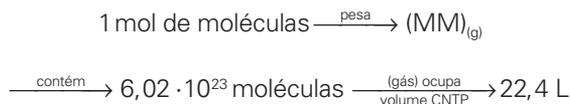
m — 109,5 g HC

m = 98,25 g Zn

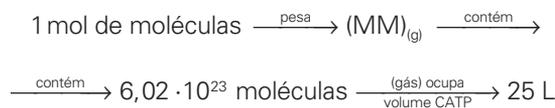
## Relação entre massa e volume

Os dados do problema são expressos em massa ou volume, e a quantidade incógnita é pedida em volume ou vice-versa.

As relações estequiométricas envolvendo volume estão mostradas a seguir.



No estado gasoso e nas CNTP, 1 mol sempre ocupa um volume de 22,4 L.

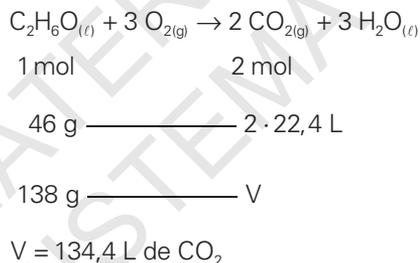


No estado gasoso e nas CATP, 1 mol sempre ocupa um volume de 25 L.

As equações anteriores nos mostram que 1 mol de moléculas apresenta uma massa correspondente ao valor numérico da massa molecular expressa em gramas, um valor numericamente igual à massa de  $6,02 \cdot 10^{23}$  moléculas da referida substância e, se estiver no estado gasoso, um volume de 22,4 L nas CNTP ( $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $1 \text{ atm}$ ) ou um volume de 25 L nas CATP ( $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $1 \text{ atm}$ ).

### Exemplo

Qual o volume de  $\text{CO}_2$ , em litros, produzido por 138 g de álcool etílico, nas CNTP?

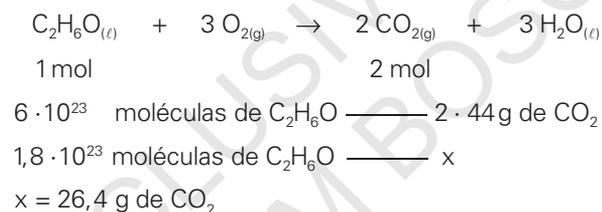


## Relação entre número de moléculas e massa, quantidade em mols ou volume

Os dados do problema são expressos em termos de número de moléculas ou número de átomos, e a quantidade incógnita é pedida em massa, em quantidade em mols ou em volume.

### Exemplo

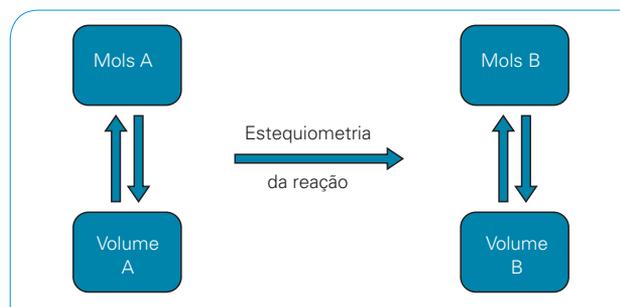
Qual é a massa de  $\text{CO}_2$ , em gramas, produzida por  $1,8 \cdot 10^{23}$  moléculas de álcool etílico?



## Reações envolvendo gases - Lei de Gay-Lussac (1808)

Quando as substâncias envolvidas na reação forem gasosas e estiverem **nas mesmas condições de temperatura e pressão**, as relações volumétricas serão equivalentes às suas respectivas relações estequiométricas. Essa equivalência se justifica pela lei de Gay-Lussac, apresentada a seguir.

**Os volumes das substâncias gasosas participantes de uma reação química, estando nas mesmas condições de temperatura e pressão, guardam entre si uma relação constante de números inteiros e menores possíveis.**



# ROTEIRO DE AULA

## Estequiometria

Representação da equação química

Balanceando equações – Coeficientes estequiométricos

Leitura e interpretação da equação química

Cálculos estequiométricos

Relação quantidade de matéria – quantidade  
de matéria

Relação quantidade de matéria – massa

Relação massa – massa

## ROTEIRO DE AULA

## Estequiometria

Representação da equação química

Balanceamento de equações –  
Coeficientes estequiométricos

Leitura e interpretação  
da equação química

Cálculos estequiométricos

Relação mol-volume (CNP)

Relação mol-volume (CATP)

Relação mol-moléculas

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

**1. Uni-Facef-SP** – Durante o processo de fermentação das uvas, seus açúcares são transformados em etanol. Esse processo pode ser representado pela equação:



Considerando que a reação tenha rendimento total, a massa de açúcar necessária para sintetizar 414 g de etanol é de

**Dados:** massas atômicas em g/mol: H = 1; C = 12; O = 16

- a) 1 656 g.  
**b) 810 g.**  
 c) 552 g.  
 d) 108 g.  
 e) 40 g.

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$$

$$180 \text{ g } C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2 \cdot 46 \text{ g } C_2H_5OH$$

$$x \text{ g } C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 414 \text{ g } C_2H_5OH$$

$$x = \frac{414 \cdot 180}{92} = 810 \text{ g } C_6H_{12}O_6$$

**2. UFRR (adaptado)** – Os óleos vegetais são empregados na culinária, na fabricação de produtos alimentícios, medicamentos, cosméticos, materiais de limpeza, combustíveis, tintas etc. Em Roraima, os óleos vegetais podem ser obtidos de sementes de soja, girassol e amendoim ou de frutos de diversas palmeiras (inajá, pupunha, tucumã ou dendê). Atualmente, os óleos vegetais despontam como combustíveis renováveis e são responsáveis pela produção do biodiesel, combustível de queima mais “limpa”. O biodiesel é obtido da reação do óleo vegetal com um álcool na presença de um catalisador conforme a equação a seguir:



Calcule a massa de óleo vegetal necessária para produzir 1 quilograma de biodiesel.

**Dados:** massas atômicas em g/mol: H = 1; C = 12; O = 16

$$M(C_{51}H_{98}O_6) = 806 \text{ g/mol}$$

$$M(C_{18}H_{36}O_2) = 284 \text{ g/mol}$$

$$806 \text{ g } C_{51}H_{98}O_6 \longrightarrow 3 \cdot 284 \text{ g } C_{18}H_{36}O_2$$

$$x \text{ g } \longrightarrow 1000 \text{ g}$$

$$x = 946 \text{ g de } C_{51}H_{98}O_6$$

**3. PUC-RJ (adaptado)**

C7-H25

O silicato de sódio ( $Na_2SiO_3$ ), utilizado na composição do cimento, pode ser obtido por meio de um processo de calcinação (em elevada temperatura) da sílica ( $SiO_2$ ) com carbonato de sódio ( $Na_2CO_3$ ). A equação química balanceada que representa esse processo está mostrada a seguir:



**Dados:**  $M(SiO_2) = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $M(Na_2SiO_3) = 122 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Considerando que o rendimento desse processo foi de 100%, a massa, em kg de  $Na_2SiO_3$ , formada por 9 kg de sílica, foi de, aproximadamente,

- a) 10,4  
 b) 12,8  
 c) 14,6  
 d) 17,2  
**e) 18,3**

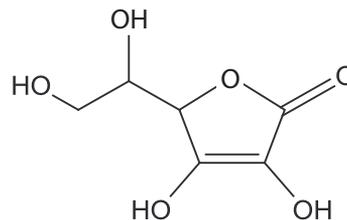


**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos de química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

**4. USF-SP (adaptado)** – Nos períodos mais frios do ano, algumas pessoas utilizam o ácido ascórbico, na forma efervescente, em virtude dos benefícios que essa vitamina traz ao organismo. Também conhecido como vitamina C, o ácido ascórbico evita o escorbuto e fortalece o sistema imunológico. Nas Grandes Navegações, os marinheiros não dispunham de frutas frescas e adoeciam devido à carência dessa substância.

A seguir, é apresentada a estrutura molecular do ácido ascórbico.



Com base na estrutura apresentada, responda ao que se pede.

a) Qual é a característica química que torna o ácido ascórbico uma substância bastante solúvel em água?

O ácido ascórbico apresenta grupos OH que fazem ligações de hidrogênio com a água.

- b) Qual é a equação que representa a combustão completa, produzindo  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  do ácido ascórbico? Utilize os menores valores inteiros para cada substância como índice estequiométrico.

Equação que representa a combustão completa do ácido ascórbico:



- c) Considerando a equação de combustão do item (b), qual o volume de gás carbônico produzido nas CNTP (1 mol = 22,4 L) quando se queimam 10 g de ácido ascórbico totalmente puro?

**Dados:** Massa atômica em  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ : H = 1,0; C = 12,0 e O = 16,0

Cálculo do volume de gás carbônico:



$$176 \text{ g} \longrightarrow 6 \cdot 22,4 \text{ L}$$

$$10 \text{ g} \longrightarrow V_{\text{CO}_2}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{10 \text{ g} \cdot 6 \cdot 22,4 \text{ L}}{176 \text{ g}}$$

$$V_{\text{CO}_2} \approx 7,6 \text{ L}$$

## 5. Enem

### C7-H25

No Brasil, os postos de combustíveis comercializam uma gasolina com cerca de 22% de álcool anidro. Na queima de 1 litro desse combustível, são liberados cerca de 2 kg de  $\text{CO}_2$  na atmosfera. O plantio de árvores pode atenuar os efeitos dessa emissão de  $\text{CO}_2$ . A quantidade de carbono fixada por uma árvore corresponde a aproximadamente 50% de sua biomassa seca, e, para cada 12 g de carbono fixados, 44 g de  $\text{CO}_2$  são retirados da atmosfera. No Brasil, o plantio de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) é bem difundido, sendo que, após 11 anos, essa árvore pode ter a massa de 106 kg, dos quais 29 kg são água.

Uma única árvore de *Eucalyptus grandis*, com as características descritas, é capaz de fixar a quantidade de  $\text{CO}_2$  liberada na queima de um volume dessa gasolina mais próximo de

a) 19 L

b) 39 L

**c) 71 L**

a) 97 L

b) 141 L

Árvore :

$$m = 106 \text{ kg}$$

$$m_{\text{água}} = 29 \text{ kg}$$

$$m_{\text{seca}} = 106 - 29 = 77 \text{ kg}$$

Quantidade de carbono fixada  $0,50 \cdot 77 \text{ kg}$  (50% de sua biomassa seca)

Quantidade de carbono fixada 38,5 kg

$$12 \text{ g de carbono fixado} \longrightarrow 44 \text{ g de CO}_2$$

$$38,5 \text{ kg de carbono fixado} \longrightarrow m_{\text{CO}_2}$$

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{38,5 \text{ kg} \cdot 44 \text{ g}}{12 \text{ g}} = 141,17 \text{ kg}$$

$$1 \text{ L de gasolina} \longrightarrow 2 \text{ kg de CO}_2$$

$$V \longrightarrow 141,17 \text{ kg de CO}_2$$

$$V = \frac{141,17 \text{ kg} \cdot 1 \text{ L}}{2 \text{ kg}}$$

$$V = 70,85 \text{ L} \approx 71 \text{ L}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

6. **Fuvest-SP** – Em uma aula experimental, dois grupos de alunos  $G_1$  e  $G_2$  utilizaram dois procedimentos diferentes para estudar a velocidade da reação de carbonato de cálcio com excesso de ácido clorídrico. As condições de temperatura e pressão eram as mesmas nos dois procedimentos e, em cada um deles, os estudantes empregaram a mesma massa inicial de carbonato de cálcio e o mesmo volume de solução de ácido clorídrico de mesma concentração.

O grupo  $G_1$  acompanhou a transformação ao longo do tempo, realizada em um sistema aberto, determinando a variação de massa desse sistema (Figura 1 e tabela).

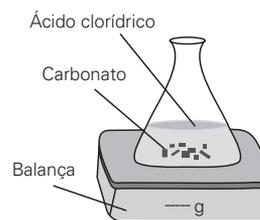
O grupo  $G_2$  acompanhou essa reação ao longo do tempo, porém determinando o volume de dióxido de carbono recolhido (Figura 2).

**Tabela:** Dados obtidos pelo grupo  $G_1$

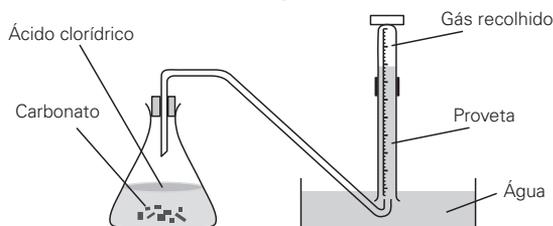
| Tempo decorrido (segundos) | 0      | 60     | 180    | 240    |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Massa do sistema* (g)      | 110,00 | 109,38 | 109,12 | 108,90 |

\*Sistema: formado pelo carbonato, solução do ácido e recipiente.

**Figura 1**



**Figura 2**



Comparando os dois experimentos, os volumes aproximados de  $\text{CO}_2$ , em litros, recolhidos pelo grupo  $G_2$  após 60, 180 e 240 segundos, devem ter sido, respectivamente,

**Note e adote:**

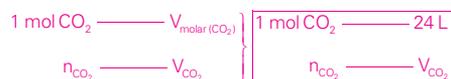
- volume molar do  $\text{CO}_2$ : 24 L/mol;
- massa molar do  $\text{CO}_2$ : 44 g/mol.

- a) 0,14; 0,20 e 0,25  
b) 0,14; 0,34 e 0,60  
**c) 0,34; 0,48 e 0,60**  
d) 0,34; 0,48 e 0,88  
e) 0,62; 0,88 e 1,10

Adicionando-se ácido clorídrico, em solução aquosa, a carbonato de cálcio, teremos a seguinte reação:  $\text{HCl}_{(aq)} + \text{CaCO}_{3(s)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{CaCl}_{2(aq)}$ .

A diferença de massa entre a massa inicial e a massa restante após cada intervalo de tempo corresponderá à massa do gás eliminado no processo ( $\text{CO}_{2(g)}$ )

Então:



$$V_{\text{CO}_2} = 24 \cdot n_{\text{CO}_2} = 24 \cdot \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} = 24 \cdot \frac{m_{\text{CO}_2}}{44}$$

0 – 60 (s):

$$110,0 - 109,38 = 0,62 \text{ g de } \text{CO}_2$$

$$V_{\text{CO}_2} = 24 \cdot \frac{0,62}{44} = 0,34 \text{ L}$$

60 – 180 (s):

$$110,0 - 109,12 = 0,88 \text{ g de } \text{CO}_2$$

$$V_{\text{CO}_2} = 24 \cdot \frac{0,88}{44} = 0,48 \text{ L}$$

180 – 240 (s):

$$110,0 - 108,90 = 1,10 \text{ g de } \text{CO}_2$$

$$V_{\text{CO}_2} = 24 \cdot \frac{1,10}{44} = 0,60 \text{ L}$$

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

### 7. UEG-GO

O consumo excessivo de cloreto de sódio pode causar problemas de saúde, como a hipertensão arterial. A fim de reduzir a incidência desse tipo de enfermidade, a Organização Mundial de Saúde (OMS) considera adequado o consumo de, no máximo, 2 gramas desse sal por dia.

Disponível em: <www1.folha.uol.com.br/folha/equilibrio/noticias/ult263u533419.shtml>.

Acesso em: 14 ago. 2012. Adaptado.

A tabela a seguir representa a quantidade de íons sódio presente em três alimentos consumidos por um indivíduo em determinado dia.

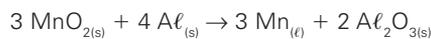
| Alimento | Íons $\text{Na}^+$ (mg)/100 g de alimento | Consumo do indivíduo (g/dia) |
|----------|---|------------------------------|
| A        | 200                                       | 120                          |
| B        | 310                                       | 190                          |
| C        | 750                                       | 20                           |

A quantidade, em gramas, de cloreto de sódio ingerido por essa pessoa nesse dia será de, aproximadamente,

**Dado:**  $\text{MM}(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

- a) 0,98  
b) 1,25  
c) 1,82  
d) 2,50

**8. IFSP-SP (adaptado)** – O metal manganês, empregado na obtenção de ligas metálicas, pode ser obtido no estado líquido, a partir do mineral pirolusita,  $\text{MnO}_2$ , pela reação representada por:



Considerando que o rendimento da reação seja de 100%, qual massa de alumínio, em quilogramas, deve reagir completamente para a obtenção de 165 kg de manganês?

**Dados:** Massas molares em  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ : O = 16; Al = 27; Mn = 55.

---



---



---



---



---



---



---



---

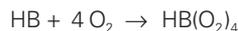


---



---

- 9. UERJ** – A hemoglobina é uma proteína de elevada massa molar, responsável pelo transporte de oxigênio na corrente sanguínea. Esse transporte pode ser representado pela equação química a seguir, em que HB corresponde à hemoglobina.



Em um experimento, constatou-se que 1g de hemoglobina é capaz de transportar  $2,24 \cdot 10^{-4}$  L de oxigênio molecular com comportamento ideal nas CNTP.

A massa molar, em g/mol, da hemoglobina utilizada no experimento é igual a

- a)  $1 \cdot 10^5$
- b)  $2 \cdot 10^5$
- c)  $3 \cdot 10^5$
- d)  $4 \cdot 10^5$

- 10. EBMS-BA (adaptado)** – Segundo especialistas em situações estressantes no convívio familiar, no trabalho, no trânsito ou na escola, respirar profundamente oxigena as células cerebrais e ajuda a tranquilizar o indivíduo. O oxigênio absorvido na respiração é utilizado na oxidação controlada de glicose para a obtenção da energia necessária para o funcionamento da célula, processo representado de maneira simplificada pela equação química



Considerando essas informações e admitindo que o oxigênio se comporta como um gás ideal, determine o volume de oxigênio necessário para a oxidação completa de 3,6 g de glicose, a 25 °C, destacando as etapas dos cálculos.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

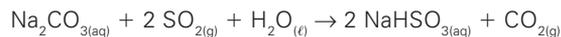
---

---

---

---

- 11. FGV-SP (adaptado)** – O hidrogenossulfito de sódio,  $\text{NaHSO}_3$ , é um insumo usado na indústria de fabricação de papel e de curtume. Pode ser obtido pela reação representada na seguinte equação:



Qual a quantidade máxima de  $\text{NaHSO}_3$ , em mols, produzida por 42,4 toneladas de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- 12. FCM-PB** – O  $\text{NaClO}_3$  e o  $\text{NaClO}_2$  são sais de sódio clorados. São empregados na indústria para a geração de dióxido de cloro, no branqueamento de fibras têxteis, polpa de celulose e papel. O  $\text{NaClO}_3$  é empregado também como herbicida não seletivo, desfoliante e desseccante. O  $\text{NaClO}_2$ , por sua vez, tem aplicações também como desinfetante, em antissépticos bucais, cremes e géis dentais. Ambos os sais podem ser obtidos pela reação a seguir não balanceada.



Sobre essas substâncias e por meio da reação química dada, é correto afirmar:

- a) O íon  $\text{ClO}_3^-$ , perclorato, apresenta uma geometria trigonal planar, com três ligações simples entre o átomo de cloro e os átomos de oxigênio.
- b) A soma dos menores coeficientes estequiométricos inteiros da reação é igual a 7.
- c) Partindo de 67,5 g de  $\text{ClO}_2$ , obtém-se 1 mol de  $\text{NaClO}_2$ .
- d) O íon  $\text{ClO}_2^-$  apresenta em sua estrutura de Lewis dois pares de elétrons não compartilhados e por isso apresenta estrutura geométrica linear.
- e) A nomenclatura correta do ácido formado a partir da reação do  $\text{NaClO}_2$  com a água é ácido clórico.

- 13. Acafe-SC (adaptado)**

No jornal *Folha de S.Paulo*, de 10 de setembro de 2013, foi publicada uma reportagem sobre uma universidade paulista que foi construída sobre uma terra que contém lixo orgânico. “[...] Com o passar do tempo, esse material começa a emitir gás metano, que é tóxico e explosivo [...]”.

Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2013/09/1340139-contaminacao-de-terreno-na-usp-leste-faz-professores-decretarem-greve.shtml>>.

Quantos litros de  $\text{O}_{2(\text{g})}$  a 1,00 atm e 0 °C são necessários para reagir em uma reação de combustão completa com 40 g de gás metano?

**Dados:** volume = 22,4 L / mol; H: 1 g / mol; C: 12 g / mol.

- a) 112 L
- b) 61,5 L
- c) 56 L
- d) 49,2 L



## ESTUDO PARA O ENEM

## 18. Enem

C7-H25

A água potável precisa ser límpida, ou seja, não deve conter partículas em suspensão, tais como terra ou restos de plantas, comuns nas águas de rios e lagoas. A remoção das partículas é feita em estações de tratamento, onde  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  em excesso e  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  são adicionados em um tanque para formar sulfato de cálcio e hidróxido de alumínio. Esse último se forma como flocos gelatinosos insolúveis em água, que são capazes de agregar partículas em suspensão. Em uma estação de tratamento, cada 10 gramas de hidróxido de alumínio são capazes de carregar 2 gramas de partículas. Após decantação e filtração, a água límpida é tratada com cloro e distribuída para as residências. As massas molares dos elementos H, O, Al, S e Ca são, respectivamente, 1 g/mol, 16 g/mol, 27 g/mol, 32 g/mol e 40 g/mol.

Considerando que 1 000 litros da água de um rio possuem 46 gramas de partículas em suspensão, a quantidade mínima de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  que deve ser utilizada na estação de tratamento de água, capaz de tratar 3 000 litros de água de uma só vez, para garantir que todas as partículas em suspensão sejam precipitadas, é mais próxima de

- a) 59 g.
- b) 493 g.
- c) 987 g.
- d) 1 480 g.
- e) 2 960 g.

## 19. Mackenzie-SP

C7-H25

Considere a reação representada a seguir pela equação química que não se encontra balanceada.



Ao ser decomposto  $1,7 \cdot 10^5$  g de gás amônia em um processo cujo rendimento global seja de 100%, é correto afirmar que o volume total dos gases produzidos nas CNTP é de

**Dados:** Massas molares ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ): H = 1 N = 14; Volume molar nas CNTP ( $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) = 22,4.

- a)  $6,00 \cdot 10^5$  L.
- b)  $4,48 \cdot 10^5$  L.
- c)  $3,35 \cdot 10^5$  L.
- d)  $2,24 \cdot 10^5$  L.
- e)  $1,12 \cdot 10^5$  L.

## 20. UEL-PR

C7-H25

A sociedade contemporânea convive com os riscos produzidos por ela mesma e com a frustração de, muitas vezes, não saber distinguir entre catástrofes que possuem causas essencialmente naturais e aquelas ocasionadas por meio da relação que o homem trava com a natureza. Os custos ambientais e humanos do desenvolvimento da técnica, da ciência e da indústria passam a ser questionados com base em desastres contemporâneos, como AIDS, Chernobyl, aquecimento global, contaminação da água e de alimentos pelos agrotóxicos, entre outros.

LIMA, M. L. M. A ciência, a crise ambiental e a sociedade de risco. *Senatus*. v. 4. n.1. nov. 2005. p.42-47. Adaptado.

A sociedade contemporânea tem experimentado avanços significativos na área de nanotecnologia, com benefícios na saúde, na agricultura, na indústria, nos esportes. Entre os materiais nanoestruturados amplamente utilizados, encontram-se os nanotubos de carbono, uma forma alotrópica do carbono.

Por outro lado, há evidências de que o descarte inadequado desses materiais em corpos d'água causa problemas de contaminação ambiental e de saúde pública. Estudos apontam que os nanotubos de carbono potencializam a toxicidade de metais pesados. Em um experimento, um peixe com massa de 2,0 kg foi tratado, em um tanque com capacidade de 500 L com ração contaminada com nanotubos de carbono e 10,0 mg de chumbo. Sabe-se que, na ausência de nanotubos de carbono, a absorção de chumbo pelo peixe é de 1,0 mg.

Supondo que, na presença de nanotubos de carbono, a absorção de chumbo represente 60% de sua massa total adicionada à ração, assinale a alternativa que representa, correta e aproximadamente, o número de átomos de chumbo absorvidos por grama de peixe.

**Dados:** Número de Avogadro:  $6,02 \cdot 10^{23}$  moléculas, massa molar do chumbo: 207,2 g/mol.

- a)  $5,0 \cdot 10^3$
- b)  $2,0 \cdot 10^{10}$
- c)  $9,0 \cdot 10^{15}$
- d)  $60 \cdot 10^{20}$
- e)  $1,0 \cdot 10^{23}$

## 13

# CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS II: LIMITANTES, REAÇÕES SUCESSIVAS, PUREZA E RENDIMENTO

- Cálculo estequiométrico: reagente limitante
- Cálculo estequiométrico: reagente em excesso
- Cálculo estequiométrico: reações sucessivas
- Cálculo estequiométrico: pureza de reagentes
- Cálculo estequiométrico: rendimento de reações químicas

## HABILIDADE

- Trabalhar com todas as grandezas químicas e seus respectivos envolvimento com os reagentes limitantes e em excesso e em cálculos que envolvam reações sucessivas.
- Trabalhar com todas as grandezas químicas e seus respectivos envolvimento em relação à pureza de reagentes e ao rendimento de reações químicas.

## Problemas envolvendo reagentes em excesso

Quando um exercício fornece quantidades (massa, volume, quantidade de matéria etc.) de dois reagentes, devemos verificar se existe excesso de algum reagente.

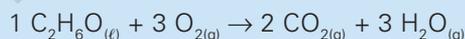
As quantidades de substâncias que participam da reação química são sempre proporcionais aos coeficientes da equação. Se a quantidade de reagente estiver fora da proporção indicada pelos coeficientes da equação, então reagirá somente a parte que se encontra de acordo com a proporção. Nessa situação, verifica-se que somente um dos reagentes será **consumido completamente** e será chamado de **reagente limitante**, uma vez que este irá restringir a quantidade do produto formado. Os outros reagentes que se apresentam acima da proporção encontrada na reação balanceada serão chamados de **reagentes em excesso**, pois parte deles sobrá sem reagir, permanecendo no meio reacional mesmo após o término da reação.

### Atenção!

Todo exercício que apresentar a quantidade de dois ou mais reagentes necessitará de uma análise quanto à presença de reagentes limitantes ou em excesso.

### Exemplo

Imaginemos a reação de combustão do etanol em um meio controlado de oxigênio.



Sabemos que, para cada 1 mol (ou 46 g) de etanol, são necessários 3 mols (ou 96 g) de gás oxigênio para que a reação se processe por completo, ou seja, para que sejam consumidos completamente os dois reagentes, não havendo nenhuma sobra. Essas quantidades também podem ser expressas em gramas, litros, quantidade de moléculas etc.

Pensemos agora em uma situação hipotética em que temos 1020 g de etanol e 960 g de gás oxigênio para reagir. Qual será o reagente limitante e qual será o reagente em excesso dessa reação? Quanto haverá de excesso na reação? Quantos gramas de  $\text{CO}_2$  e de  $\text{H}_2\text{O}$  serão formados?

Para resolver essa situação, devemos realizar os seguintes passos:

### 1º passo:

Encontrar qual dos reagentes está em excesso por meio da proporção estequiométrica da reação.

Como foi fornecida a quantidade de pelo menos dois reagentes, calcularemos a quantidade necessária de etanol para consumir 960 g de gás oxigênio:

$$\begin{array}{l} 46 \text{ g de etanol} \text{ ——— } 96 \text{ g de gás oxigênio} \\ x \text{ g de etanol} \text{ ——— } 960 \text{ g de gás oxigênio} \\ x = 460 \text{ g de etanol} \end{array}$$

Portanto, são necessários 460 g de etanol para reagir completamente com 960 g de gás oxigênio, ou seja, haverá excesso de 560 g de etanol ao final da reação.

Outro modo de resolver esse problema é calcular a quantidade necessária de gás oxigênio para consumir completamente 1 020 g de etanol:

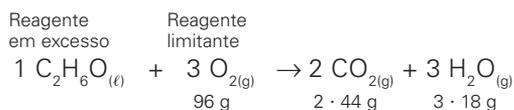
$$\begin{array}{l} 46 \text{ g de etanol} \text{ ————— } 96 \text{ g de gás oxigênio} \\ 1\,020 \text{ g de etanol} \text{ ————— } x \text{ g de gás oxigênio} \\ x = 2\,129 \text{ g de gás oxigênio} \end{array}$$

Portanto, são necessários 2 129 g de gás oxigênio para reagir completamente com 1 020 g de etanol, mas só temos 960 g; concluímos que o gás oxigênio é o reagente limitante.

### 2º passo:

Calcular a quantidade do produto formado, levando em consideração a proporção do reagente limitante.

Nesse exemplo, temos o gás oxigênio como reagente limitante. Assim:



Para saber a quantidade de gás carbônico:

$$\begin{array}{l} 96 \text{ g de gás oxigênio} \text{ ————— } 88 \text{ g de gás carbônico} \\ 960 \text{ g de gás oxigênio} \text{ ————— } x \text{ g de gás carbônico} \\ x = 880 \text{ g de gás carbônico} \end{array}$$

Para saber a quantidade de água:

$$\begin{array}{l} 96 \text{ g de gás oxigênio} \text{ ————— } 54 \text{ g de água} \\ 960 \text{ g de gás oxigênio} \text{ ————— } x \text{ g de água} \\ x = 540 \text{ g de água} \end{array}$$

Os resultados encontram-se resumidos na tabela a seguir.

|   | 1 C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>(l)</sub> | + 3 O <sub>2(g)</sub> | → 2 CO <sub>2(g)</sub> | + 3 H <sub>2</sub> O <sub>(g)</sub> |
|---|--|-----------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Proporção estequiométrica                     | 46 g   | 96 g                  | 88 g                   | 54 g                                |
| Situação hipotética (início da reação: t = 0) | 1 020 g  | 960 g                 | 0 g                    | 0 g                                 |
| Situação hipotética (final da reação)         | 560 g  | 0 g                   | 880 g                  | 540 g                               |

### Observação

Na prática, faz-se a mistura com a quantidade de um dos reagentes propositalmente em excesso, a fim de garantir que a quantidade do outro seja consumida integralmente.

## Problemas envolvendo reações sucessivas (mais de uma reação)

Neste caso, devemos escrever todas as reações envolvidas no problema e efetuar o balanceamento de cada uma delas. Como as reações serão etapas consecutivas, ou seja, a segunda reação depende da quantidade gerada na primeira, é possível efetuar a soma algébrica delas, bastando, para isso, multiplicá-las ou dividi-las, a fim de obter uma única reação. As substâncias intermediárias nesse tipo de reação são aquelas formadas em uma reação e consumidas, em seguida, na reação consecutiva.

**Resumo****1º passo**

Fazer o balanceamento de cada etapa separadamente, por tentativa e erro.

**2º passo**

Fazer a multiplicação ou a divisão dos coeficientes estequiométricos de toda a equação química, com o objetivo de eliminar os intermediários na soma algébrica das etapas.

**3º passo**

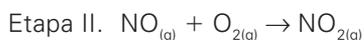
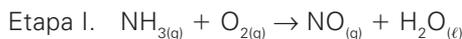
Efetuar a soma algébrica das etapas, produzindo uma equação global.

**4º passo**

Trabalhar com a estequiometria da equação global.

**Exemplo**

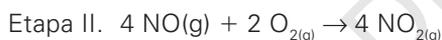
O ácido nítrico surge por meio de algumas reações. Observe, a seguir, as equações dessas reações.



Qual a massa de ácido gerada por 34 g de amônia?

**1º passo**

Fazer o balanceamento de cada etapa separadamente, por tentativa e erro.

**2º passo**

Identificar os intermediários e fazer a multiplicação ou a divisão nos coeficientes estequiométricos de toda a equação química, com o objetivo de eliminar os intermediários na soma algébrica das etapas.

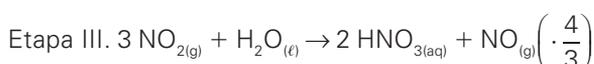
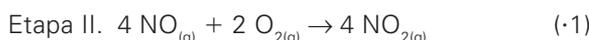
**Intermediários**

$\text{NO}_{(g)} \Rightarrow$  é produzido na etapa 1 e consumido na etapa 2.

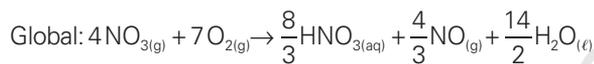
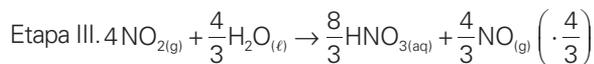
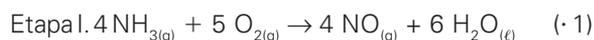
$\text{NO}_{2(g)} \Rightarrow$  é produzido na etapa 2 e consumido na etapa 3.

**Observação**

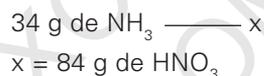
A água não é considerada intermediária, pois é produzida nas etapas 1 e 2 e não é necessária para a reação, mesmo participando da etapa 3.

**3º passo**

Efetuar a soma algébrica das etapas, produzindo uma equação global.

**4º passo**

Trabalhar com a estequiometria da equação global.



Portanto, haverá formação de 84 g de ácido nítrico por meio da reação de 34 g de amônia.

É muito comum encontrar reagentes químicos não totalmente puros. Assim como a água, mesmo depois de filtrada, continua com impurezas, como alguns sais, os reagentes químicos também possuem impurezas em suas soluções. O ácido nítrico, por exemplo, pode apresentar uma pureza de 65%, isto é, para cada 100 g de solução de ácido nítrico, somente 65 g são, de fato, ácido nítrico, sendo água o restante.

Outro aspecto importante a ser abordado, diz respeito ao rendimento das reações químicas. São extremamente raros processos químicos que ocorram com 100% de rendimento, ou seja, aqueles em que todo o reagente utilizado é convertido em produto.

## Sistema em que os reagentes são substâncias impuras

Grau, teor ou porcentagem (%) de pureza de uma amostra é a porcentagem da parte pura existente nessa amostra. É dessa parte pura que utilizaremos a massa que vai reagir no problema de cálculo estequiométrico. Impurezas normalmente não participam dos problemas.

É de extrema importância lembrar que só a parte pura do material (informada no problema, de maneira direta ou indireta) participa da reação; a impureza é descartada (a menos que o problema forneça informações contrárias).

$$m_{\text{total}} = 200 \text{ g} \left\{ \begin{array}{l} \% \text{ pureza} = 80\% \Rightarrow \text{Existem } 160 \text{ g de} \\ \text{NaOH puro na amostra.} \\ \text{(é a massa que vai reagir)} \\ \\ \% \text{ impureza} = 20\% \Rightarrow \text{Existem } 40 \text{ g} \\ \text{de impurezas na amostra.} \\ \text{(não reage, ou seja, não participa} \\ \text{do problema)} \end{array} \right.$$

Veja, a seguir, alguns casos de exercícios envolvendo reagentes impuros.

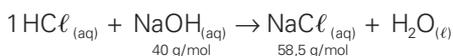
### Caso 1

O problema fornece a quantidade do reagente utilizado e sua pureza e solicita o cálculo da quantidade do produto formado.

Qual a massa de NaCl formada na reação de neutralização entre 200 g de NaOH, de grau de pureza de 80%, com ácido clorídrico em excesso?

#### Resolução

Inicialmente, sabe-se que 80% da massa total de 200 g é NaOH, portanto 160 g de NaOH reagem. Observe, a seguir, a reação balanceada.



$$40 \text{ g NaOH} \text{ ————— } 58,5 \text{ g NaCl}$$

$$160 \text{ g NaOH} \text{ ————— } x$$

$$x = 234 \text{ g de NaCl}$$

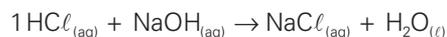
### Caso 2

O problema fornece a quantidade do reagente utilizado e a quantidade do produto formado e pede a pureza do reagente utilizado.

Fez-se reagir 200 g de NaOH impuro com excesso de ácido clorídrico e observou-se a formação de 175,5 g de NaCl. Qual é o grau de pureza do NaOH?

#### Resolução

Primeiramente, calcula-se qual a massa que deveria ter sido gerada caso o reagente possuísse um grau de pureza de 100% e, posteriormente, faz-se uma comparação com o resultado fornecido pelo problema.



$$40 \text{ g NaOH} \text{ ————— } 58,5 \text{ g NaCl}$$

$$200 \text{ g NaOH} \text{ ————— } x$$

$$x = 292,5 \text{ g de NaCl}$$

Entretanto, a reação só formou 175,5 g de NaCl, então:

$$292,5 \text{ g de NaCl} \text{ ————— } 100\% \text{ de pureza}$$

$$175,5 \text{ g de NaCl} \text{ ————— } y$$

$$y = 60\% \text{ de pureza}$$

### Caso 3

O problema fornece a quantidade do produto formado e a pureza do reagente e pede a quantidade de reagente utilizada na reação.

Qual a massa de NaOH, com grau de pureza de 75%, que precisa reagir com ácido clorídrico em excesso para formar 292,5 g de NaCl?

#### Resolução

Inicialmente, é calculada qual a massa de NaOH puro que deveria ser colocada para reagir e, em seguida, calcula-se a massa total do NaOH impuro, levando em consideração que o NaOH puro corresponde a 75% da amostra total.



$$40 \text{ g de NaOH} \text{ ————— } 58,5 \text{ g NaCl}$$

$$x \text{ g} \text{ ————— } 292,5 \text{ g NaCl}$$

$$x = 200 \text{ g de NaOH puro}$$

Sendo assim, a massa do NaOH com 75% de pureza será de:

$$200 \text{ g de NaOH} \text{ ————— } 75\% \text{ da amostra}$$

$$y \text{ g de NaOH} \text{ ————— } 100\% \text{ da amostra}$$

$$y = 266,7 \text{ g de NaOH impuro}$$

## Sistema em que o rendimento não é total

Quando uma reação química não produz as quantidades de produto esperadas, de acordo com a proporção da reação química, diz-se que o rendimento não foi total.

O rendimento de uma reação é o quociente entre a quantidade de produto realmente obtida e a quantidade esperada, de acordo com a proporção da equação química.

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{quantidade de produto obtida}}{\text{quantidade de produto esperada}} \cdot 100$$

A maioria das reações apresenta um rendimento abaixo de 100%, e tal comportamento deve-se à natureza da reação e a suas condições experimentais, diferentemente da pureza do reagente, que depende exclusivamente da real quantidade de reagentes adicionados na reação química.

# ROTEIRO DE AULA

## Cálculo estequiométrico

Reagente limitante

Reagente em excesso

Reações sucessivas

É consumido completamente em uma reação química.

Ao final de uma reação química, ainda há excesso desse reagente.

São reações que acontecem em várias etapas.

O exercício fornece os dados de dois ou mais reagentes.

As equações já balanceadas devem ser somadas de modo a se obter uma equação global.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## ROTEIRO DE AULA

## Cálculo estequiométrico

Pureza

Rendimento

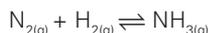
Nem todo material colocado efetivamente participa da reação.

Nem todo reagente colocado para reagir, efetivamente, transforma-se em produto.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

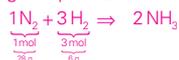
**1. Facisa-BA (adaptado)** – O processo de Haber-Bosch é o mais importante método de obtenção de amoníaco. Nesse processo, os gases nitrogênio e hidrogênio são combinados diretamente a uma pressão de 20 MPa e a uma temperatura de 500 °C, utilizando o ferro como catalisador. A reação de síntese do amoníaco pode ser representada quimicamente pela equação não balanceada a seguir:



Se uma massa de 20 g de nitrogênio reagir com 20 g de hidrogênio, qual será a massa em gramas do reagente em excesso que sobrar na reação?

**Dados:** H = 1 u; N = 14 u

A equação balanceada da reação entre os gases nitrogênio e hidrogênio produzindo amônia é:



Cálculo do reagente em excesso:

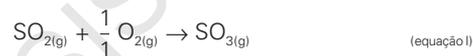
$$\begin{aligned} 28 \text{ g N}_2 &\text{ — } 6 \text{ g H}_2 \\ 20 \text{ g N}_2 &\text{ — } x \\ x &= 4,3 \text{ g de H}_2 \end{aligned}$$

Assim, a massa do reagente H<sub>2</sub> em excesso é 20 – 4,3 = 15,7 g.

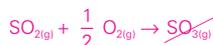
**2. Espcex-SP/Aman-RJ** – A emissão de gases derivados do enxofre, como o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), pode ocasionar uma série de problemas ambientais e a destruição de materiais, como rochas e monumentos à base de calcita (carbonato de cálcio). Essa destruição ocasiona reações com a emissão de outros gases, como o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), potencializando o efeito poluente. Considerando as equações das reações sucessivas a 27 °C e 1 atm, admitindo-se os gases como ideais e as reações completas, o volume de CO<sub>2</sub> produzido pela utilização de 2 toneladas de SO<sub>2</sub> como reagente é, aproximadamente,

**Dados:** Massas atômicas: H = 1 u; C = 12 u; O = 16; S = 32 u; Ca = 40 u.

Volume molar nas condições em que ocorreu a reação (27 °C e 1 atm) = 24,6 L/mol.



- a)  $4,35 \cdot 10^6$  L de CO<sub>2</sub>  
 b)  $2,25 \cdot 10^6$  L de CO<sub>2</sub>  
 c)  $4,75 \cdot 10^4$  L de CO<sub>2</sub>  
 d)  $5,09 \cdot 10^3$  L de CO<sub>2</sub>  
 e)  $7,69 \cdot 10^5$  L de CO<sub>2</sub>



$$\frac{64 \text{ g}}{2 \cdot 10^6 \text{ g}} \text{ — } \frac{24,6 \text{ L}}{V_{\text{CO}_2}}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{2 \cdot 10^6 \text{ g} \cdot 24,6 \text{ L}}{64 \text{ g}}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,76875 \cdot 10^6 \text{ L}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 7,69 \cdot 10^5 \text{ L}$$

### 3. Unicamp-SP

C7-H25

A calda bordalesa é uma das formulações mais antigas e mais eficazes que se conhece. Ela foi descoberta na França, no final do século XIX, quase por acaso, por um agricultor que aplicava água de cal nos cachos de uva para evitar que fossem roubados; a cal promovia uma mudança na aparência e no sabor das uvas. O agricultor logo percebeu que as plantas assim tratadas estavam livres de antracnose. Estudando-se o caso, descobriu-se que o efeito estava associado ao fato de a água de cal ter sido preparada em tachos de cobre. Atualmente, para preparar a calda bordalesa, coloca-se o sulfato de cobre em um pano de algodão que é mergulhado em um vasilhame plástico com água morna. Paralelamente, coloca-se cal em um balde e adiciona-se água aos poucos. Após quatro horas, adiciona-se aos poucos, e mexendo sempre, a solução de sulfato de cobre à água de cal.

PAULUS, Gervásio; MULLER, André; BARCELLOS, Luiz.

*Agroecologia aplicada: práticas e métodos para uma agricultura de base ecológica.* Porto Alegre: EMATER-RS, 2000. p. 86.

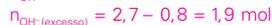
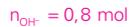
Na preparação da calda bordalesa são usados 100 mg de sulfato de cobre II pentaidratado (CuO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O) e 100 g de hidróxido de cálcio (Ca(OH)<sub>2</sub>). Para uma reação estequiométrica entre os íons cobre e hidroxila, há um excesso de aproximadamente

**Dados:** Massas molares em g · mol<sup>-1</sup>: sulfato de cobre II pentaidratado = 250; hidróxido de cálcio = 74.

- a) 1,9 mol de hidroxila.  
 b) 2,3 mol de hidroxila.  
 c) 2,5 mol de cobre.  
 d) 3,4 mol de cobre.

$$n_{\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}} = \frac{m}{M} = \frac{100 \text{ g}}{250 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,4 \text{ mol} \Rightarrow 0,4 \text{ mol de Cu}^{2+}$$

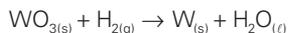
$$n_{\text{Ca(OH)}_2} = \frac{m}{M} = \frac{100 \text{ g}}{74 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,35 \text{ mol} \Rightarrow \underbrace{2 \cdot 1,35}_{2,7} \text{ mol de OH}^-$$



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

**4. UPE** – As lâmpadas incandescentes tiveram a sua produção descontinuada a partir de 2016. Elas iluminam o ambiente mediante aquecimento, por efeito Joule, de um filamento de tungstênio. Esse metal pode ser obtido pela reação do hidrogênio com o trióxido de tungstênio ( $\text{WO}_3$ ), conforme a reação a seguir, descrita na equação química não balanceada:



Se uma indústria de produção de filamentos obtém 31,7 kg do metal puro por 50 kg de óxido, qual é o rendimento aproximado do processo utilizado?

**Dados:** H=1g/mol; O = 16 g/mol; W = 183,8 g/mol

- a) 20%                      c) 70%                      e) 90%  
b) 40%                      **d) 80%**



$$231,8 \text{ g} \text{ ————— } 183,8 \text{ g}$$

$$50 \text{ kg} \text{ ————— } x$$

$$x = 39,64 \text{ kg}$$

$$39,64 \text{ kg} \text{ ————— } 100\%$$

$$31,70 \text{ kg} \text{ ————— } y$$

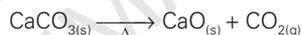
$$y \approx 80\%$$

#### 5. IFSul-RS

A calagem é uma etapa do preparo do solo para o cultivo agrícola em que materiais de caráter básico são adicionados ao solo para neutralizar a sua acidez, corrigindo o seu pH. Os principais sais, adicionados ao solo na calagem, são o calcário e a cal virgem. O calcário é obtido pela moagem da rocha calcária, sendo composto por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e/ou de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ). A cal virgem, por sua vez, é constituída de óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) e óxido de magnésio ( $\text{MgO}$ ), sendo obtida pela queima completa (calcinação) do carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

Disponível em: <<http://alunosonline.uol.com.br/quimica/calagem.html>> e <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Calagem>>. Acesso em: 21 mar. 2017. Adaptado.

Observe a equação a seguir, que representa a calcinação de 1 mol de carbonato de cálcio (massa molecular de  $100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) nas CNTP.



Que volume de  $\text{CO}_2$  será obtido, considerando o rendimento reacional de 80%?

- a) 100 L                      c) 22,4 L  
b) 44 L                      **d) 17,9 L**



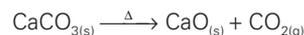
$$1 \text{ mol} \text{ ————— } 22,4 \text{ L}$$

$$22,4 \text{ L} \text{ ————— } 100\%$$

$$x \text{ L} \text{ ————— } 80\%$$

$$x = 17,92 \text{ L}$$

**6. FASM-SP** – Em um laboratório químico, foi realizado um estudo da decomposição térmica de duas amostras de carbonato de cálcio de diferentes procedências, de acordo com a reação química:



A amostra 1 era uma amostra padrão, constituída de carbonato de cálcio puro. A amostra 2 continha impurezas que não sofriram decomposição na temperatura do experimento. Utilizando aparatos adequados para um sistema fechado, foram determinadas as massas dos sólidos no início da decomposição e as massas dos sólidos e dos gases resultantes no final da decomposição. Os valores estão reportados na tabela.

| Amostra | Início          | Final           |              |
|---------|-----------------|-----------------|--------------|
|         | Massa do sólido | Massa do sólido | Massa do gás |
| 1       | 40,0 g          | x               | 17,6 g       |
| 2       | 25,0 g          | 16,2 g          | 8,8 g        |

a) Determine o valor de x. Qual lei ponderal justifica esse cálculo: Lei de Lavoisier ou Lei de Proust?

Determinação do valor de x:

$$40,0 \text{ g} = x + 17,6 \text{ g}$$

$$x = 22,4 \text{ g}$$

A lei de Lavoisier justifica o resultado.

b) Determine o teor percentual de carbonato de cálcio na amostra 2. Apresente os cálculos efetuados.

Determinação do teor percentual de carbonato de cálcio na amostra 2:

$$40 \text{ g} \text{ ————— } 22,4 \text{ g} \text{ ————— } 17,6 \text{ g}$$

$$m_{\text{CaCO}_3} \text{ ————— } m_{\text{CaO}} \text{ ————— } 8,8 \text{ g}$$

$$m_{\text{CaCO}_3} = 20 \text{ g (puro)}$$

$$25 \text{ g} \text{ ————— } 100\%$$

$$20 \text{ g} \text{ ————— } p$$

$$p = 80\% \text{ de pureza.}$$

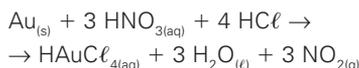
Conclusão: 80% de carbonato de cálcio na amostra 2.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

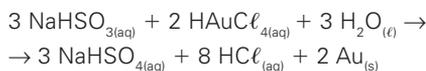
**7. UERJ** – Durante a Segunda Guerra Mundial, um cientista dissolveu duas medalhas de ouro para evitar que fossem confiscadas pelo exército nazista. Posteriormente, o ouro foi recuperado e as medalhas foram novamente confeccionadas.

As equações balanceadas a seguir representam os processos de dissolução e recuperação das medalhas.

Dissolução:



Recuperação:



Admita que foram consumidos 252 g de  $\text{HNO}_3$  para a completa dissolução das medalhas. Nesse caso, a massa, de  $\text{NaHSO}_3$ , em gramas, necessária para a recuperação de todo o ouro corresponde a

**Dados:** H = 1; N = 14; O = 16; Na = 23; S = 32

- a) 104
- b) 126
- c) 208
- d) 252

**8. UECE** – O tetróxido de triferro, conhecido como magnetita, material que forma o ímã natural, presente na areia de algumas praias, em bactérias, abelhas, cupins, pombos e até em seres humanos, pode ser obtido, pelo menos teoricamente, pela seguinte reação:

Ferro sólido + água  $\rightarrow$  tetróxido de triferro + hidrogênio

Considerando essa reação, assinale a opção que completa corretamente as lacunas do seguinte enunciado:

“Quando reagirem 32,6 g de Fe com 20 g de água, serão produzidos \_\_\_\_\_ mol de tetróxido de triferro e o reagente limitante será \_\_\_\_\_”.

**Dados:** H = 1; O = 16; Fe = 56

- a) 0,1; água
- b) 0,2; água
- c) 0,1; ferro
- d) 0,2; ferro

**9. UFRGS-RS** – A hidrazina ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) é usada como combustível para foguetes e pode ser obtida pela reação entre cloramina e amônia, apresentada a seguir.

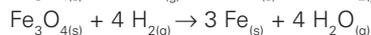
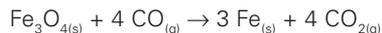


Assinale a alternativa que apresenta a massa de hidrazina que pode ser obtida pela reação de 10,0 g de cloramina com 10,0 g de amônia.

**Dados:** H = 1; N = 14; Cl = 35,5

- a) 5,0 g
- b) 6,21 g
- c) 10,0 g
- d) 20,0 g
- e) 32,08 g

**10. UEM-PR (adaptado)** – A seguir, apresentam-se duas reações importantes para a produção de ferro metálico por meio de minério de ferro.



Com base nessas informações, assinale o que for correto, considerando que o rendimento das reações é de 100%.

**Dados:** H = 1 u; C = 12 u; O = 16 u; Fe = 56

- 01)** Em processos separados, quantidades idênticas em massa de monóxido de carbono e de hidrogênio produzem a mesma quantidade de ferro metálico, por meio de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  em excesso estequiométrico.
- 02)** É possível produzir 1,5 tonelada de ferro, utilizando-se 1 tonelada de monóxido de carbono e uma quantidade de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  suficiente.
- 04)** Em um reator contendo 2,5 kg de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  e 80 g de  $\text{H}_2$ , o hidrogênio é o reagente limitante da reação.

Dê a soma dos itens corretos.

**11. Facisa-BA** – A fosfoetanolamina é uma substância produzida pelo corpo humano e pode ter a função antitumoral, possuindo ação antiproliferativa por estimular a apoptose, que seria uma “morte celular programada”, impedindo, assim, que o câncer se espalhe. Ainda em fase experimental e apesar de usuários e familiares descreverem melhora significativa no combate à doença utilizando o medicamento, o mesmo não possui registro na ANVISA, e assim, conseqüentemente, não pode ser distribuído livremente para a população.



A reação completa entre 8,0 g de etanolamina e 5,0 g de ácido fosfórico produz aproximadamente, \_\_\_\_ g de fosfoetanolamina, restando, aproximadamente, \_\_\_\_ g do reagente colocado em excesso. Os números que preenchem corretamente as lacunas são, respectivamente,

- a) 18,5 e 1,28                      d) 13,0 e 4,9  
 b) 7,2 e 0,9                          e) 13,0 e 0,9  
 c) 7,2 e 4,9

**12. UEMA** – Sabe-se que um processo químico é exaustivamente testado em laboratório antes de ser implantado na indústria, envolvendo cálculos, em que são aplicadas as leis ponderais e volumétricas, dentre as quais é citada a lei das proporções constantes (Lei de Proust). Havendo excesso de reagente numa reação, deve-se retirá-lo para poder trabalhar com a proporção exata.

Considere que 1 mol de benzeno reage com 1 mol de bromo, formando dois produtos, um haleto orgânico e um ácido. Para a reação entre 50 g de benzeno e 100 g de bromo:

- a) Haverá obediência à Lei de Proust? Justifique sua resolução por meio de cálculos.

**Dados:** C (z = 12), H (z = 1) e Br (z = 80)

- b) Calcule a massa, do haleto orgânico, obtida em conformidade à lei de Proust.

### 13. Univag-MT

O sal de Epsom,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ , é um composto mineral que ajuda a regular os níveis de magnésio no corpo, levando à produção de serotonina, um hormônio que acalma e ajuda a relaxar.

Disponível em: <<https://www.tuasaude.com/sal-de-epsom/>>.  
 Acesso em: 21 mar. 2017. Adaptado.

Considere que, após o aquecimento de 4,1 g do sal de Epsom, restou 1,5 g do sal anidro. Qual foi o rendimento desse processo?

**Dados:** H = 1; O = 16; Mg = 24; S = 32

---

---

---

---

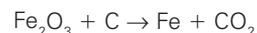
---

---

---

---

**14. Fac. Pequeno Príncipe-PR** – A produção do ferro metálico ocorre através da siderurgia, a qual também produz o aço. O ferro formado nesse processo é o ferro-gusa, que contém pequenas porcentagens de carbono (cerca de 5%) e, por isso, é quebradiço. Por meio dele, pode-se produzir o aço comum, que contém cerca de 98,5% de ferro, entre 0,5% e 1,7% de carbono e traços de silício, enxofre e fósforo. Quando atinge a pureza praticamente de 100%, ou seja, quando a porcentagem de carbono é menor que 0,5%, ele é chamado de ferro doce. Geralmente, o mineral utilizado nas siderúrgicas é a hematita, e o processo de produção do ferro é feito em altos-fornos. A reação a seguir, não balanceada, demonstra a produção do ferro por meio da hematita, na qual foram utilizados 900 g desse mineral, com 35% de impurezas.



Considerando as informações apresentadas, calcule a massa de ferro metálico que será formada ao final do processo.

**Dados:** C = 12; O = 16; Fe = 56

---

---

---

---

---

---

---

---

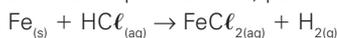
**15. IFMG** – Fitas de magnésio podem ser queimadas quando em contato com fogo e na presença de gás oxigênio. Durante a reação, pode-se observar a formação de um sólido branco e a liberação de uma luz intensa.

Suponha que uma fita de magnésio de 3 g, com 80% de pureza em massa, seja queimada.

A massa aproximada, em gramas, do sólido branco será igual a

- 3.
- 4.
- 5.
- 6.

**16. Mackenzie-SP** – A reação entre o ferro e a solução de ácido clorídrico pode ser equacionada, sem o acerto dos coeficientes estequiométricos, por



Em uma análise no laboratório, após essa reação, foram obtidos 0,002 mol de  $\text{FeCl}_2$ . Considerando-se que o rendimento do processo seja de 80%, pode-se afirmar que reagiram

**Dados:** Massas molares ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ): H = 1, C = 35,5 e Fe = 56

- $5,600 \cdot 10^{-2}$  g de ferro.
- $1,460 \cdot 10^{-1}$  g de ácido clorídrico.
- $1,680 \cdot 10^{-1}$  g de ferro.
- $1,825 \cdot 10^{-1}$  g de ácido clorídrico.
- $1,960 \cdot 10^{-1}$  g de ferro.

**17. UNIFESP (adaptado)** – O bicarbonato de sódio em solução injetável, indicado para tratamento de acidose metabólica ou de cetoacidose diabética, é comercializado em ampolas de 10 mL, cuja formulação indica que cada 100 mL de solução aquosa contém 8,4 g de  $\text{NaHCO}_3$ .

Uma análise mostrou que o conteúdo das ampolas era apenas água e bicarbonato de sódio; quando o conteúdo de uma ampola desse medicamento reagiu com excesso de HCl, verificou-se que foram produzidos  $8,0 \cdot 10^{-3}$  mol de gás carbônico, uma quantidade menor do que a esperada.

Considerando a equação para reação entre o bicarbonato de sódio e o ácido clorídrico,  $\text{NaHCO}_{3(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ , determine a porcentagem em massa de bicarbonato de sódio presente na ampola analisada, em relação ao teor indicado em sua formulação. Apresente os cálculos efetuados.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. Unifor-CE

C7-H25

Vários experimentos foram realizados para estudar a reação entre óxido de cálcio e água, produzindo hidróxido de cálcio. A temperatura ( $T_f$ ), medida ao final de cada reação, está registrada na tabela a seguir:

| Exp. | Quantidade de óxido de cálcio (mol) | Quantidade de água (mol) | Quantidade total de material reagente (mol) | Temperatura final ( $T_f$ ) |
|------|-------------------------------------|--------------------------|---|-----------------------------|
| 1    | 1,0                                 | 0,0                      | 1,0   | 25 °C                       |
| 2    | 0,8                                 | 0,2                      | 1,0   | 30 °C                       |
| 3    | 0,7                                 | 0,3                      | 1,0   | 40 °C                       |
| 4    | X                                   | Y                        | 1,0   | $T_f$                       |

Analisando os dados da tabela e conhecendo a estequiometria da reação, podemos afirmar que

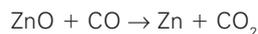
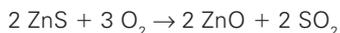
**Dados:** O = 16; Ca = 40

- os valores de X e Y para que a temperatura final da reação seja a maior possível são 0,6 e 0,4, respectivamente.
- o reagente limitante na reação do experimento 3 é o óxido de cálcio.
- a quantidade de produto formado no experimento 2 é de aproximadamente 15 gramas.
- a relação molar estequiométrica na reação do experimento 2 é 4 : 1.
- a reação que ocorre entre o óxido de cálcio e a água é um processo endotérmico.

## 19. Enem

C7-H25

Para proteger estruturas de aço da corrosão, a indústria utiliza uma técnica chamada galvanização. Um metal bastante utilizado nesse processo é o zinco, que pode ser obtido por meio de um minério denominado esfalerita (ZnS), de pureza 75%. Considere que a conversão do minério em zinco metálico tem rendimento de 80% nesta sequência de equações químicas:



Considere as massas molares: CO (28 g/mol); O<sub>2</sub> (32 g/mol); CO<sub>2</sub> (44 g/mol); SO<sub>2</sub> (64 g/mol); Zn (65 g/mol); ZnO (81 g/mol) e ZnS (97 g/mol).

Que valor mais próximo de massa de zinco metálico, em quilogramas, será produzido por 100 kg de esfalerita?

- a) 25.
- b) 33.
- c) 40.
- d) 50.
- e) 54.

## 20. Enem

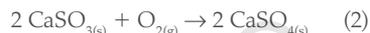
C7-H25

Grandes fontes de emissão do gás dióxido de enxofre são as indústrias de extração de cobre e níquel, em decorrência da oxidação dos minérios sulfurados. Para evitar a libera-

ção desses óxidos na atmosfera e a consequente formação da chuva ácida, o gás pode ser lavado, em um processo conhecido como dessulfurização, conforme mostrado na equação (1).



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



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

BAIRD, C. *Química ambiental*. Porto Alegre: Bookman. 2002. Adaptado.

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

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

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## 14

# GASES I - VARIÁVEIS DE ESTADO, TRANSFORMAÇÕES GASOSAS E EQUAÇÃO GERAL DOS GASES

- Estudo dos gases
- Diferença entre gás e vapor
- Variáveis de estado do gás
- Transformações gasosas
- Equação geral dos gases
- Gás ideal versus gás real

## HABILIDADES

- Caracterizar um gás por meio das variáveis de estado.
- Trabalhar com todas as transformações gasosas.
- Trabalhar com as três variáveis de estado (temperatura, volume e pressão) concomitantemente.
- Reconhecer as diferenças entre o comportamento de um gás ideal e um gás real.

Os gases estão presentes em diversos lugares no nosso cotidiano e desempenham diferentes funções.

## O estado gasoso

Uma substância no estado gasoso possui características muito particulares, quando comparadas às características dessa substância nos outros estados físicos. Uma das maneiras de se estudar os gases é levar em consideração o grau de liberdade de suas partículas, a sua forma e o volume ocupado por esse gás.

Veja, a seguir, as comparações entre os graus de liberdade e o aumento da energia dos estados físicos da matéria.

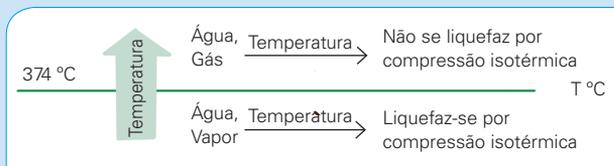
|         | Forma     | Volume    |
|---------|-----------|-----------|
| Sólido  | constante | constante |
| Líquido | variável  | constante |
| Gasoso  | variável  | variável  |

Varição da forma e do volume da substância conforme um aumento de energia (sob aquecimento).

De uma forma geral, as amostras gasosas são formadas por moléculas, exceto no caso de amostras de gases nobres, que são formadas por átomos, chamadas de moléculas monoatômicas. Neste material, será utilizada a palavra **molécula** para as unidades fundamentais de qualquer amostra de gás.

## Gás × vapor

A substância em estado gasoso pode ser vapor ou gás. A diferença reside no comportamento da amostra frente à variação de temperatura e pressão do sistema. Assim, a amostra vai ser um gás somente se sofrer liquefação por aumento de pressão e redução de temperatura, simultaneamente. Já o vapor pode ser liquefeito pela compressão isotérmica (aumento da pressão sob temperatura constante). Todo vapor se transforma em gás quando atinge determinada temperatura, denominada **temperatura crítica**.



## Teoria cinética dos gases

Para explicar o comportamento dos gases, foi elaborado um modelo que recebeu o nome de **teoria cinética dos gases**. Seus principais postulados são:

- As moléculas de um gás estão em movimento constante e desordenado.

- As forças intermoleculares são desprezíveis, isto é, as moléculas interagem apenas nas colisões entre si e com as paredes do recipiente.
- Apresentam movimento retilíneo e uniforme, denominado de movimento browniano.
- A pressão de um gás decorre das colisões entre as moléculas e destas contra as paredes do recipiente.
- Quando colidem entre si ou contra as paredes do recipiente, as partículas não ganham nem perdem energia, ou seja, as colisões são elásticas.
- As dimensões das moléculas são muito menores do que a distância média entre elas, e o seu volume próprio pode ser desprezado, comparado ao volume do recipiente.
- A energia cinética é proporcional à temperatura do gás.
- A velocidade média das partículas é influenciada pela temperatura: quanto maior a temperatura, maior será a velocidade das partículas.

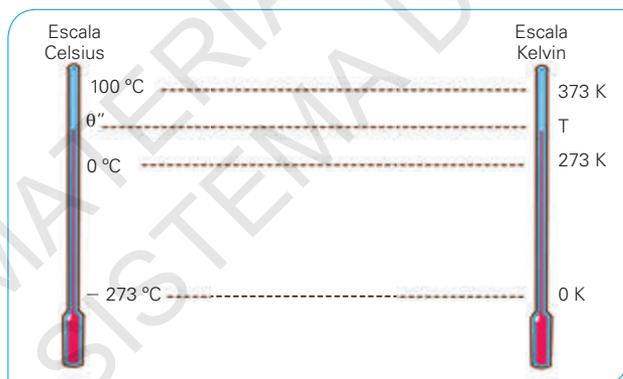
Macroscopicamente, um gás pode ser caracterizado por quatro variáveis denominadas **variáveis de estado**: são condições específicas que ocorrem em um sistema gasoso e que podem sofrer alterações em seus valores.

## TEMPERATURA

Está relacionada com o grau de agitação térmica (energia cinética) das partículas que constituem uma substância. É importante salientar que sempre iremos utilizar a escala absoluta de temperatura nas suas medidas, **a escala Kelvin (K)**.

No Brasil, a escala utilizada é a escala Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), sendo necessária a conversão da unidade para Kelvin. Tal conversão pode ser realizada utilizando-se a fórmula apresentada a seguir:

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$$



Quanto maior a temperatura, maiores serão a energia cinética e, conseqüentemente, a velocidade das partículas gasosas.

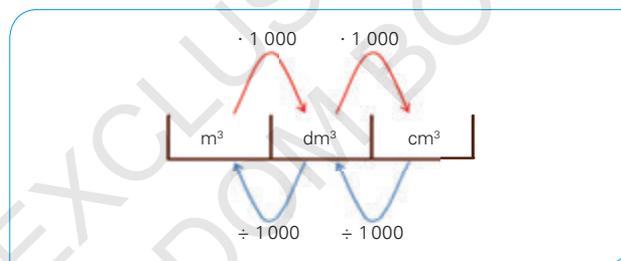
$$E_c = k \cdot T$$

Veja que a energia cinética é igual a uma constante de proporcionalidade, denominada k.

## VOLUME

O volume é definido como o espaço ocupado por qualquer substância. No caso dos gases, o volume de uma dada amostra é determinado pelo volume do recipiente ou frasco que a contém, lembrando que, pelo fato de os gases possuírem suas partículas bem afastadas, apresentam grande compressibilidade e expansibilidade. As unidades mais comuns de volume são: litro (L), mililitro (mL), metro cúbico ( $\text{m}^3$ ) e centímetro cúbico ( $\text{cm}^3$ ). As conversões entre as unidades de volume são facilmente realizáveis.

$$\begin{aligned} 1 \text{ cm}^3 &= 1 \text{ mL} \\ 1 \text{ L} &= 1000 \text{ mL} \\ 1 \text{ L} &= 1000 \text{ cm}^3 \\ 1 \text{ dm}^3 &= 1 \text{ L} \\ 1 \text{ m}^3 &= 1000 \text{ L} = 1000000 \text{ mL (cm}^3) \end{aligned}$$



## PRESSÃO

Do ponto de vista físico, a pressão é definida como a força realizada por unidade de área, isto é,  $P = \frac{F}{A}$ , e tem como unidade no Sistema Internacional (SI) o **pascal (Pa)**, onde,  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ .

A medida da pressão de um gás é feita com o uso de um equipamento denominado **manômetro**, e as principais unidades de medida são **atmosfera (atm)**, **torricelli (torr)**, **milímetros de mercúrio (mmHg)**, entre outras. Assim como as unidades de volume, também é possível converter as unidades de pressão umas nas outras.

$$10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar} = 1,01325 \text{ atm}$$

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr}$$

$$1 \text{ mmHg} = 1 \text{ torr}$$

$$1 \text{ mmHg} = 133,322 \text{ Pa (ou N/m}^2)$$

## PRESSÃO ATMOSFÉRICA

É a pressão que a camada de ar exerce sobre a superfície terrestre. A pressão atmosférica varia com a altitude. (Veja o esquema a seguir).

Ao nível do mar (altitude zero), a coluna de ar que exerce pressão sobre a superfície terrestre é a maior possível, ou seja, é a pressão exercida pela atmosfera inteira. Assim, ao nível do mar, a pressão atmosférica é igual a 1 atm. Quanto maior a altitude da localidade, menor é a coluna de ar que atua sobre a superfície, diminuindo, assim, a pressão atmosférica.

## QUANTIDADE DE MATÉRIA, EM MOL, DO GÁS

Corresponde à quantidade de gás envolvida em uma determinada transformação gasosa ou, simplesmente, a quantidade de gás presente em um determinado frasco.

## Condições Gasosas

### CONDIÇÕES NORMAIS DE TEMPERATURA E PRESSÃO (CNTP)

Quando um gás está à temperatura de 0 °C, considerada **temperatura normal**, e sob pressão de 1 atm (atmosfera), pressão no nível do mar ou **pressão normal**, dizemos que ele se encontra em **CNTP**, **CN** ou **TPN**.

### CONDIÇÕES AMBIENTES DE TEMPERATURA E PRESSÃO (CATP)

Quando um gás está à temperatura de 25 °C, considerada **temperatura ambiente**, e sob pressão de 1 atm (atmosfera), pressão no nível do mar ou **pressão ambiente**, dizemos que ele se encontra em **CATP**, **CA** ou **TPA**.

## Transformações gasosas

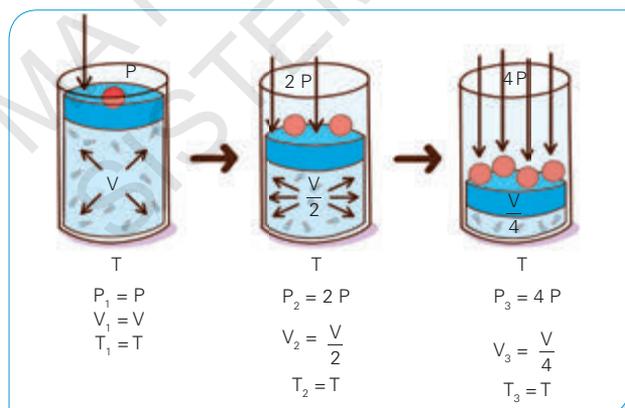
Um gás sofre transformação quando pelo menos duas de suas variáveis de estado (pressão, volume e temperatura) sofrem alterações.

As transformações por que passa um gás são classificadas de acordo com a variável de estado que fica estável, podendo ser: isotérmica, isobárica ou isocórica.

Vamos analisar essas transformações.

### TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA - LEI DE BOYLE-MARIOTTE

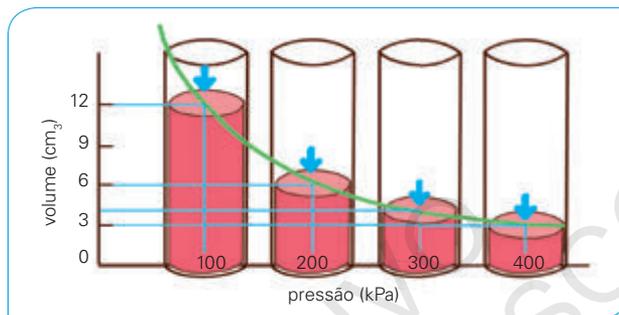
Sob temperatura constante, o volume ocupado por determinada massa gasosa é inversamente proporcional à pressão exercida por ele, ou seja, o produto pressão x volume é sempre o mesmo (constante).



À temperatura constante, aumentando-se a pressão no êmbolo, diminui-se a distância entre as partículas do gás.

### Graficamente

A lei de Boyle-Mariotte pode ser representada por um gráfico **volume x pressão**. Neste gráfico, a abscissa representa a pressão de um gás, e a ordenada, o volume ocupado. Veja:



Compressão de um gás a uma temperatura constante.

A curva obtida é uma hipérbole equilátera, cuja análise matemática indica que  $P \cdot V = \text{constante}$ . Assim, a lei das transformações isotérmicas pode ser dada matematicamente por:

$$\underbrace{P_1 \cdot V_1}_{\text{Estado 1}} = \underbrace{P_2 \cdot V_2}_{\text{Estado 2}} = k$$

em que  $P_1$  e  $V_1$  são a pressão e o volume iniciais;  $P_2$  e  $V_2$  são a pressão e o volume finais; e  $k$  é um valor constante. Essa equação se aplica:

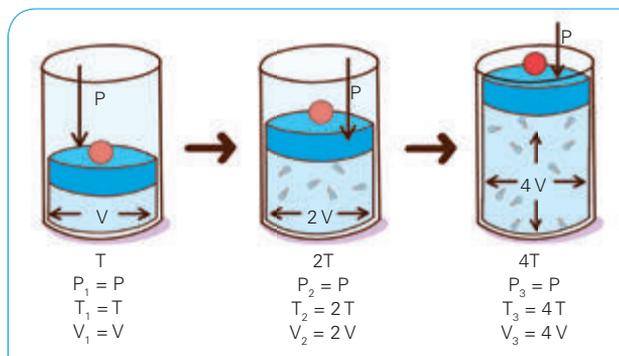
- a substâncias no estado gasoso, cuja quantidade permaneça inalterada.
- com  $T$  permanecendo constante.
- em  $P$  na mesma unidade em ambos os membros.
- em  $V$  na mesma unidade em ambos os membros.

Portanto:

Mantendo-se a temperatura constante, ao diminuir-se o volume de certa massa de um gás, as moléculas desse gás ficarão mais próximas uma das outras e mais próximas das paredes do recipiente, aumentando a pressão interna.

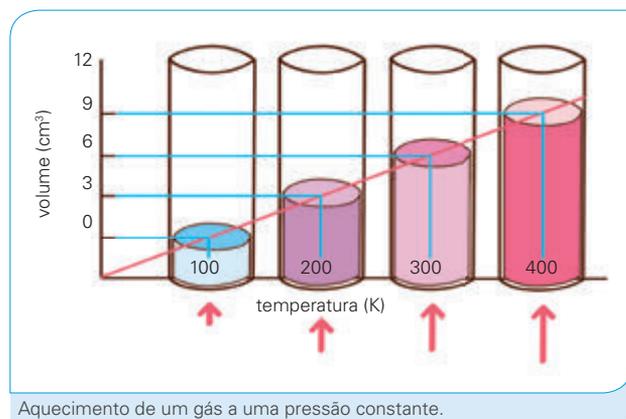
### TRANSFORMAÇÃO ISOBÁRICA - LEI DE CHARLES

Sob pressão constante, o volume ocupado por determinada massa gasosa é diretamente proporcional à temperatura absoluta do sistema.



A lei de Charles pode ser representada por um gráfico **volume x temperatura**. Neste gráfico, a abscissa representa a temperatura absoluta de um gás, e a ordenada, o volume ocupado.

### Graficamente



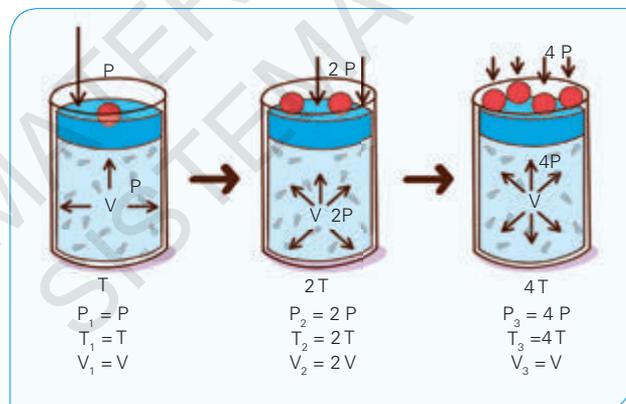
Observe que é obtida uma reta, e que a análise matemática indica que  $\frac{V}{T} = \text{constante}$ . Dessa forma, a lei das transformações isobáricas pode ser dada matematicamente por:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = k$$

em que  $V_1$  e  $T_1$  são o volume e a temperatura iniciais;  $V_2$  e  $T_2$  são o volume e a temperatura finais; e  $k$  é um valor constante.

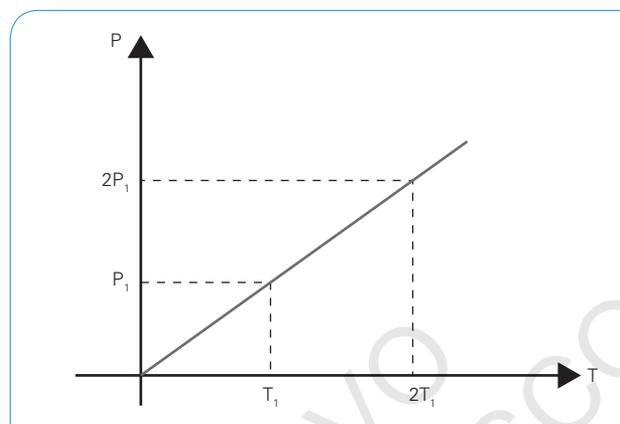
## TRANSFORMAÇÃO ISOCÓRICA, ISOMÉTRICA OU ISOVOLUMÉTRICA - LEI DE GAY-LUSSAC

Sob pressão constante, o volume ocupado por determinada massa gasosa é diretamente proporcional à temperatura absoluta do sistema.



A lei de Gay-Lussac pode ser representada por um gráfico **pressão x temperatura**. Neste gráfico, a abscissa representa a temperatura absoluta de um gás, e a ordenada, a pressão exercida.

### Graficamente



À mesma pressão, o volume de certa massa de gás varia linearmente com a temperatura, cuja análise matemática indica que  **$P/T = \text{constante}$** . Assim, a lei das transformações isocóricas pode ser dada matematicamente por:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = k$$

em que  $P_1$  e  $T_1$  representam a pressão e a temperatura iniciais;  $P_2$  e  $T_2$ , a pressão e a temperatura finais; e  $k$  é um valor constante.

Portanto,

O aquecimento de certa massa de um gás aumenta o número de colisões entre suas moléculas e, conseqüentemente, a pressão.

## Gás ideal x Gás real

O estudo dos gases tem como base o seu comportamento ideal, embora isso não corresponda exatamente à prática. O comportamento do gás ideal não leva em consideração:

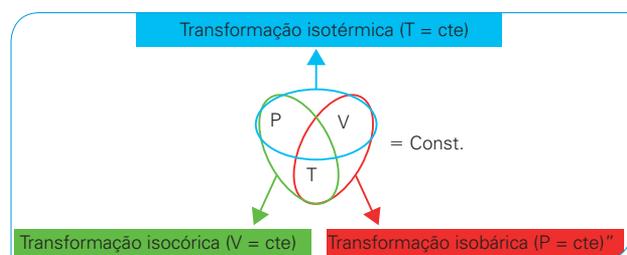
- o próprio volume das partículas que compõem o gás, pois o volume que elas ocupam é menor em relação ao volume total do recipiente;
- a perda de energia por parte das moléculas, quando estas se chocam entre si e contra as paredes do recipiente que as contém;
- a força exercida entre as moléculas, uma vez que os gases ideais não apresentam interação entre suas partículas. O gás real aproxima-se do gás ideal quando submetido à baixa pressão e elevada temperatura, situação que propicia grande afastamento entre as moléculas, de modo que a interferência de umas nas outras seja a menor possível.

## Equação geral dos gases

Até o momento, você estudou as situações hipotéticas e específicas, nas quais apenas uma das variá-

veis de estado se apresentava constante; contudo, na grande maioria dos eventos do cotidiano, o que ocorre é outra coisa: um sistema gasoso sofre uma transformação em que três variáveis (pressão, temperatura e volume) se modificam.

Para resolver essa situação, é utilizada a equação geral dos gases, obtida por meio da relação matemática entre as transformações gasosas estudadas anteriormente. Assim, adquire-se uma relação proporcional e simultânea, entre as três variáveis de estado, expressa por:



Consequentemente, as três transformações gasosas são relacionadas, a fim de se obter uma única equação válida para qualquer transformação gasosa.

| Isotérmica<br>( $T = \text{cte.}$ ) | Isobárica<br>( $P = \text{cte.}$ )  | Isocórica<br>( $V = \text{cte.}$ )  |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$     | $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ | $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ |

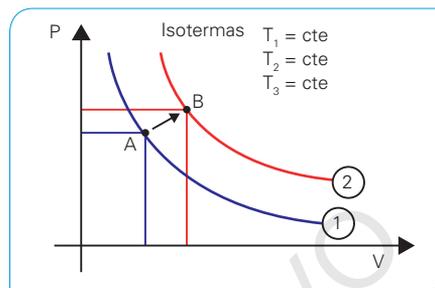
Considerando uma **massa fixa de gás** e rearranjando as equações anteriores, obtém-se a equação geral dos gases:

$$\underbrace{\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1}}_{\text{Situação inicial}} = \underbrace{\frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}}_{\text{Situação final}}$$

### Atenção!

Essas equações são utilizadas somente para substâncias no estado gasoso e em quantidade constante. A temperatura deve ser, **obrigatoriamente**, na escala Kelvin.

As transformações gasosas podem ser representadas em um diagrama de pressão e volume. O gráfico, a seguir, apresenta uma transformação gasosa de um estado inicial A para um estado final B.



Ambas as hipérbolas são transformações isotérmicas, nas quais  $T_2 > T_1$ ; porém, a transformação evidenciada no gráfico é a passagem do ponto A (estado inicial) para o ponto B (estado final), portanto teremos alterações na pressão, no volume e na temperatura.

## CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DE TEMPERATURA E PRESSÃO

A temperatura e a pressão indicam o estado físico de uma determinada substância. Para o estudo dos gases, é importante conhecer os valores de pressão e temperatura e se eles estão em condições normais ou em condições ambientes.

Condições Normais de Temperatura e Pressão  
CNTP ou TPN

$$P = 1 \text{ atm ou } 760 \text{ mmHg e } T = 0 \text{ }^\circ\text{C ou } 273 \text{ K}$$

Condições Ambientais de Temperatura e Pressão  
CATP ou TPA

$$P = 1 \text{ atm ou } 760 \text{ mmHg e } T = 25 \text{ }^\circ\text{C ou } 298 \text{ K}$$

## ROTEIRO DE AULA

## ESTUDO DOS GASES

## Variáveis de estado

pressão

temperatura

volume

quantidade em mol

## Transformações gasosas

## Isotérmica

## Isobárica

## Isovolumétrica

## Lei de Boyle-Mariotte

## Lei de Charles

## Lei de Gay-Lussac

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = k$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = K$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = K$$

# ROTEIRO DE AULA

## Estudo dos gases

### Equação geral dos gases

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

### CNTP

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$T = 0 \text{ }^\circ\text{C ou } 273 \text{ K}$$

### CATP

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$T = 25 \text{ }^\circ\text{C ou } 298 \text{ K}$$

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UCDB-MS – Certa massa de gás estava contida em um recipiente de 20 L, à temperatura de 27 °C e pressão de 4 atm. Sabendo que essa massa foi transferida para um reservatório de 60 L, à pressão de 4 atm, podemos afirmar que, no novo reservatório,

- a) a temperatura absoluta ficou reduzida a 1/3 da inicial.
- b) a temperatura absoluta ficou reduzida de 1/3 da inicial.
- c) a temperatura em °C triplicou o seu valor inicial.
- d) a temperatura em °C ficou reduzida a 1/3 de seu valor inicial.

e) a temperatura absoluta triplicou seu valor inicial.

$$T \text{ (K)} = T \text{ (}^\circ\text{C)} + 273$$

$$T \text{ (K)} = 27 + 273$$

$$T \text{ (K)} = 300 \text{ K}$$

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\frac{4 \cdot 20}{300} = \frac{4 \cdot 60}{T_2}$$

$$80 \cdot T_2 = 72 \text{ 000}$$

$$T_2 = 900 \text{ K}$$

Se a temperatura inicial era de 300 K, e a final era de 900 K, isso significa que a temperatura absoluta (em kelvin) triplicou o seu valor inicial ( $3 \cdot 300$ ).

2. UNESP – Alterações na composição química da atmosfera são fortes indícios de problemas ambientais, tais como o efeito estufa. Frequentemente, pesquisadores lançam balões que enviam informações de grandes altitudes. Suponha que um desses balões, com volume de 10 L de  $H_2$ , tenha sido lançado ao nível do mar ( $P = 760 \text{ mmHg}$  e  $T = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Enquanto o balão sobe, a redução da pressão atmosférica irá favorecer o aumento de seu volume. Porém, a temperatura também é reduzida à medida que o balão sobe, o que favorece a diminuição de seu volume.

Para saber se o balão irá continuar subindo, calcule seu volume quando este atingir a altitude de 7 000 m, em que  $T = -33 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $P = 300 \text{ mmHg}$ .

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\frac{760 \cdot 10}{300} = \frac{300 \cdot V_2}{240}$$

$$V_2 = 20,27 \text{ L}$$

## 3. Enem

C7-H24

Uma pessoa abre uma geladeira, verifica o que há dentro e depois fecha a porta dessa geladeira. Em seguida, ela tenta abrir a geladeira novamente, mas só consegue fazer isso depois de exercer uma força mais intensa do que a habitual.

A dificuldade extra para reabrir a geladeira ocorre porque o(a)

- a) volume de ar dentro da geladeira diminuiu.
- b) motor da geladeira está funcionando com potência máxima.

c) força exercida pelo ímã fixado na porta da geladeira aumenta.

d) pressão no interior da geladeira está abaixo da pressão externa.

e) temperatura no interior da geladeira é inferior ao valor existente antes de ela ser aberta.

Quando a geladeira é aberta, entra ar do meio exterior, aumentando a temperatura do ar no seu interior. A pressão interna iguala-se à pressão externa (pressão atmosférica). Após a porta ser fechada, o ar do interior

é resfriado. Como não há alteração no volume interno da geladeira,

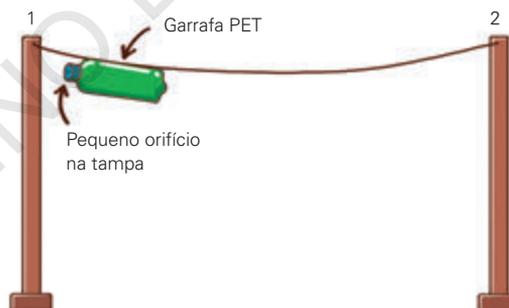
temos uma transformação isocórica:  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ .

Como a temperatura  $T_2 < T_1$ , teremos  $P_2 < P_1$ , ou seja, a pressão no interior da geladeira diminui, tornando-se menor que a pressão atmosférica. Assim, é necessária uma força mais intensa do que a habitual para compensar essa diferença de pressões.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

4. UFG-GO – Analise o esquema a seguir.



Na garrafa PET ilustrada no esquema, foram colocados alguns mL de etanol. Em seguida, homogeneizou-se o etanol com a atmosfera interna, agitando-se a garrafa. Ao acender um fósforo próximo ao pequeno orifício na tampa, ocorreu a combustão do etanol no interior da garrafa e ela foi deslocada do ponto 1 para o ponto 2. Considerando-se o exposto,

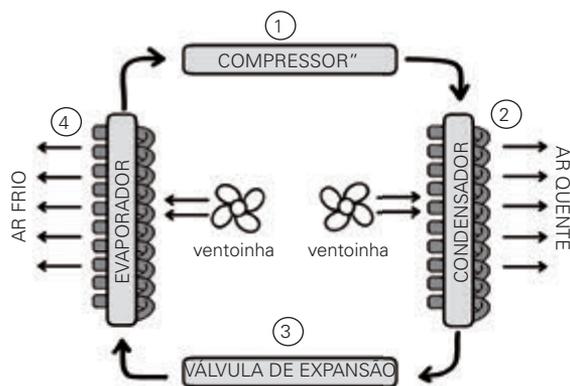
a) escreva a equação balanceada da combustão do etanol ocorrida (admita a combustão completa);



b) explique por que a garrafa se desloca do ponto 1 para o ponto 2.

Após a combustão, ocorre o aumento da pressão interna em razão do aumento do número de mols e temperatura. Como consequência, os gases são expelidos pelo orifício da garrafa PET, deslocando-a do ponto 1 ao ponto 2 (conservação de energia).

**5. UFSC** – O verão é a estação na qual, ao menos em países de clima tropical e subtropical, faz-se uso significativo de ar condicionado para ampliar o “conforto térmico” em ambientes fechados. Você sabe como funciona um condicionador de ar? O sistema é baseado em ciclos de compressão e expansão de um gás refrigerante, tipicamente formado por substâncias, como  $\text{CHClF}_2$  e  $\text{CHF}_3$ , que flui por um sistema fechado. A representação esquemática a seguir ilustra simplificada o processo.



Disponível em: <<https://cen.acs.org/articles/95/i33/Periodic-graphics-chemistry-air-conditioning.html>>. Acesso em: 19 ago. 2017. Adaptado.

Com base no exposto anteriormente, é correto afirmar:

- 01)** No compressor, representado na etapa 1, o aumento da pressão sobre o gás faz com que a temperatura diminua.
- 02)** No processo de expansão, representado na etapa 3, o gás refrigerante tem sua temperatura reduzida.
- 04)** No condensador, representado na etapa 2, o gás refrigerante no estado gasoso é convertido em um sólido.
- 08)** A variação de temperatura que ocorre durante a expansão (etapa 3) independe do volume do dispositivo no qual a expansão é induzida.
- 16)** Os processos de expansão e compressão dependem do vapor de água no sistema, já que o gás refrigerante é um composto iônico gasoso e, portanto, não está sujeito a variações de volume.
- 32)** As variações de pressão que ocorrem nos processos de expansão e compressão dependem da quantidade de gás refrigerante no sistema.

Dê a soma dos itens corretos.

34 (02 + 32)

01) Incorreto. No compressor, representado na etapa 1, o aumento da pressão sobre o gás faz com que a temperatura aumente, pois ocorre elevação do número de choques entre as moléculas.

02) Correto. No processo de expansão, representado na etapa 3, o gás refrigerante tem sua temperatura reduzida, pois ocorre diminuição do número de choques entre as moléculas.

04) Incorreto. No condensador, representado na etapa 2, o gás refrigerante no estado gasoso é convertido em um líquido, ou seja, ocorre liquefação do agente refrigerante.

08) Incorreto. A variação de temperatura que ocorre durante a expansão (etapa 3) depende do volume do dispositivo no qual a expansão é induzida, pois, quanto maior o volume, menor será o número de choques entre as moléculas ali contidas.

16) Incorreto. O gás refrigerante é formado por substâncias moleculares.

32) Correto. As variações de pressão que ocorrem nos processos de expansão e compressão dependem da quantidade de gás refrigerante no sistema, ou seja, do número de mols.

**6. ITA-SP (adaptado)** – Considere um mol de um gás que se comporta idealmente, contido em um cilindro indeformável provido de pistão de massa desprezível, que se move sem atrito. Com relação a esse sistema, são feitas as seguintes afirmações:

- I. Se o gás for resfriado contra pressão externa constante, o sistema contrai-se.
- II. Se a pressão for exercida sobre o pistão, a velocidade média das moléculas do gás aumenta.
- III. Se o sistema for aquecido a volume constante, a velocidade média das moléculas aumenta, independentemente da natureza do gás.

Das afirmações anteriores, está(ão) incorreta(s) apenas

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

I. Correta. Se o gás for resfriado contra a pressão externa constante, o sistema contrai-se (volume e temperatura serão diretamente proporcionais).

A partir da equação geral dos gases, vem:

$$\frac{P_{\text{antes}} \cdot V_{\text{antes}}}{T_{\text{antes}}} = \frac{P_{\text{depois}} \cdot V_{\text{depois}}}{T_{\text{depois}}}$$

$$P_{\text{antes}} = P_{\text{depois}} = P \text{ (constante)}$$

$$\frac{P' \cdot V_{\text{antes}}}{T_{\text{antes}}} = \frac{P' \cdot V_{\text{depois}}}{T_{\text{depois}}}$$

$$\frac{V_{\text{antes}}}{T_{\text{antes}}} = \frac{V_{\text{depois}}}{T_{\text{depois}}}$$

II. Incorreto. A elevação da temperatura não está diretamente ligada à variação da posição do pistão (volume).

III. Correto. Se o sistema for aquecido a volume constante, a velocidade média das moléculas aumenta, independentemente da natureza do gás, pois a energia cinética é diretamente proporcional à temperatura.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. UPE** – Cada vez mais conhecido no Nordeste, o futebol americano consolida-se em Pernambuco. Entre as regras desse esporte, um lance chama a atenção dos espectadores, o chute de campo (*field goal*). Para o chute valer 3 pontos, a bola, de formato oval e confeccionada com couro natural ou sintético, tem de passar pelo meio da trave em Y, que fica no final do campo (*endzone*). O recorde de distância do *field goal* é de 64 jardas e pertence a Matt Prater, então jogador do time americano do Denver Broncos. Tanto o referido chute quanto os outros dois maiores, ambos de 63 jardas, ocorreram em Denver, no Colorado, a 1 700 metros de altitude e com temperatura média anual de 10 °C.

A ocorrência de maiores distâncias de *field goals* em Denver reside no fato de que

- a) a temperatura baixa influencia no volume da bola, favorecendo um chute mais preciso.
- b) a altitude de Denver deixa o ar mais rarefeito, possibilitando menor resistência do ar e facilitando o chute.
- c) a altitude de Denver influencia no metabolismo do atleta de forma positiva, possibilitando chutes mais potentes.
- d) a temperatura baixa influencia no material usado na fabricação da bola, tornando os chutes mais potentes e precisos.
- e) a altitude de Denver e a baixa temperatura combinadas fazem nevar o ano inteiro, nessa capital, o que facilita o chute.

**8. CEDERJ** – Uma amostra de um gás ideal ocupa, inicialmente, um volume  $V_0$ , sendo sua temperatura  $T_0$  e pressão  $3 \cdot P_0$ . O gás sofre uma transformação em duas etapas. Na primeira etapa, a pressão do gás passa de  $3 \cdot P_0$  para  $2 \cdot P_0$ , mantendo o volume do gás constante igual a  $V_0$  e atingindo a temperatura final  $T_1$ . Na segunda etapa, o volume do gás muda para  $2 \cdot V_0$ , mantendo a pressão do gás constante em  $2 \cdot P_0$  e atingindo a temperatura final  $T_2$ .

As relações entre  $T_0$ ,  $T_1$  e  $T_2$  são

- a)  $T_0 < T_1 < T_2$
- b)  $T_0 > T_1 > T_2$
- c)  $T_1 < T_0 < T_2$
- d)  $T_2 < T_0 < T_1$

**9. UFES** – O volume  $V$  de um gás ideal é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta, medida em Kelvin, representado por K. Se  $V = 1\ 500\ \text{cm}^3$  quando  $T = 300\ \text{K}$ , qual será a temperatura quando o volume for  $2\ 500\ \text{cm}^3$ ? Qual será o volume quando a temperatura for  $200\ \text{K}$ ? Esboce um gráfico que represente a relação entre  $V$  e  $T$ .

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

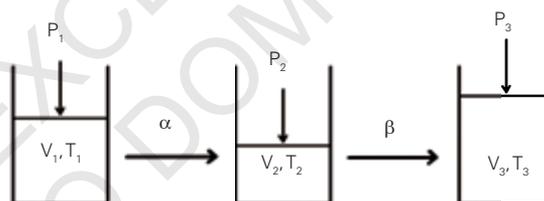
---

---

---

---

**10. IME-RJ (adaptado)** – Um sistema fechado contendo um gás ideal no estado 1 sofre as transformações  $\alpha$  e  $\beta$ , conforme indicado na figura a seguir.



Sabendo que a transformação  $\alpha$  é isotérmica e  $\beta$ , isobárica, represente o gráfico que apresenta os estados do sistema.

---

---

---

---

---

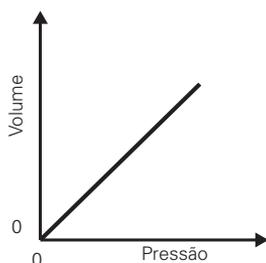
---

---

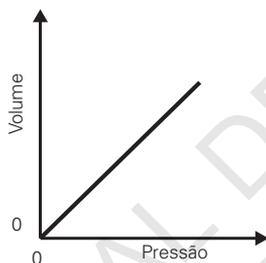
---

**11. UFPE** – Gases ideais são sistemas muito importantes em química e física, pois têm equações de estado conhecidas. Sobre o comportamento de gases ideais, é correto afirmar:

- ( ) As equações de estado de gases ideais independem da natureza química do gás.
- ( ) Num gás que apresenta comportamento ideal, as energias de interações médias entre as moléculas são desprezíveis, comparadas com as suas energias cinéticas médias.
- ( ) Para uma mistura de dois gases ideais, a pressão total do sistema é maior que a soma das pressões parciais dos gases.
- ( ) O gráfico a seguir representa a dependência do volume com a pressão para um gás ideal numa temperatura constante.



- ( ) O gráfico a seguir representa a dependência do volume com a temperatura para um gás ideal numa pressão constante.



**12. EBMSP-BA** – Para pesquisar os raios cósmicos presentes na estratosfera terrestre e seus impactos ambientais, cientistas utilizaram um balão que teve o seu invólucro impermeável parcialmente cheio com 360 m<sup>3</sup> de um gás, medido ao nível do mar a 27 °C. Sabe-se que o balão subiu até uma altitude onde a pressão do ar era de 1% da pressão ao nível do mar e a temperatura ambiente era de -50 °C.

Considerando o gás como sendo ideal, determine

- a)** a variação da temperatura absoluta do gás;

---



---



---



---



---



---



---



---



---

- b)** o volume do gás contido no balão, na sua altitude máxima.

---



---



---



---

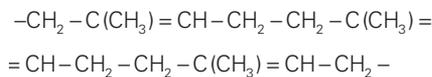


---

**13. Facisa-BA** – Para avaliar a influência da temperatura sobre o volume de um gás à pressão constante, dois experimentos foram realizados. No primeiro, uma fita de magnésio foi colocada para reagir com 50 mL de ácido clorídrico diluído. O gás envolvido (H<sub>2</sub>) foi coletado e medido seu volume a 20 °C. No segundo experimento, o procedimento foi repetido de forma idêntica, entretanto a temperatura de coleta do H<sub>2</sub> foi de 50 °C. Com base na descrição do experimento anterior, indique a sentença correta.

- a)** Maior volume de H<sub>2</sub> foi coletado no experimento 1.
- b)** Em ambos os casos, foi coletado o mesmo volume de H<sub>2</sub>.
- c)** Maior volume de H<sub>2</sub> foi coletado no experimento 2.
- d)** O volume medido a 20 °C foi o dobro do volume medido a 50 °C.
- e)** Os volumes obtidos não possuem relação com a temperatura.

**14. Fuvest-SP (adaptado)** – Os pneus das aeronaves devem ser capazes de resistir a impactos muito intensos no pouso e a bruscas alterações de temperatura. Esses pneus são constituídos de uma câmara de borracha reforçada, preenchida com gás nitrogênio (N<sub>2</sub>) a uma pressão típica de 30 atm a 27 °C. Para a confecção dessa câmara, utiliza-se borracha natural modificada, que consiste principalmente do poli-isopreno, mostrado a seguir:



Em um avião, a temperatura dos pneus, recolhidos na fuselagem, era -13 °C durante o voo. Próximo ao pouso, a temperatura desses pneus passou a ser 27 °C, mas seu volume interno não variou.

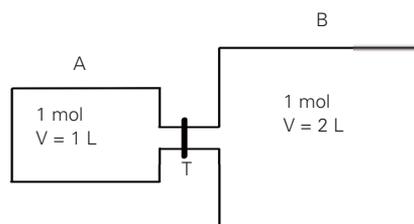
Qual é a pressão interna de um dos pneus durante o voo? Mostre os cálculos.

**Note e adote:**  $K = ^\circ C + 273$

**15. UEPG-PR** – Certa massa de gás ocupa um volume de  $1 \text{ m}^3$  a  $323 \text{ }^\circ\text{C}$ , exercendo uma pressão de  $1 \text{ atm}$  no recipiente que a contém. Reduzindo-se a temperatura para  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  e o volume ocupado pelo gás para 25 litros, qual será a pressão no sistema, em atm?

**16. Fuvest-SP** – O pneu de um carro estacionado tem uma pressão de 2 atmosferas, quando a temperatura é de  $9 \text{ }^\circ\text{C}$ . Depois de o veículo correr em alta velocidade, a temperatura do pneu sobe para  $37 \text{ }^\circ\text{C}$  e seu volume aumenta em 10%. Qual a nova pressão do pneu?

**17. UERN** – Um sistema de balões contendo gás hélio (He), nas quantidades e nos volumes apresentados, está ligado por uma torneira (T) que, inicialmente, está fechada. Observe.



Considerando que os gases apresentam comportamento ideal e que a temperatura permanece constante, é correto afirmar:

- a) A pressão em A será a mesma que em B.
- b) Ao abrir a torneira, vai-se observar variação na pressão do sistema.
- c) Ao dobrar a pressão nos sistemas A e B, o volume ocupado pelos gases será  $\frac{1}{2} \text{ L}$  e  $1 \text{ L}$ , respectivamente.
- d) As moléculas do sistema B colidem com mais frequência com a parede do recipiente do que as moléculas do sistema A.

## ESTUDO PARA O ENEM

## 18. Uneb-BA

C5-H17

Em condições tais que um gás se comporta como ideal, as variáveis de estado assumem os valores 300 K,  $2,0 \text{ m}^3$  e  $4,0 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ , num estado A. Sofrendo certa transformação, o sistema chega ao estado B, em que os valores são 450 K,  $3,0 \text{ m}^3$  e P. O valor de P, em Pa, é

- a)  $1,3 \cdot 10^4$                                 d)  $6,0 \cdot 10^4$   
 b)  $2,7 \cdot 10^4$                                 e)  $1,2 \cdot 10^5$   
 c)  $4,0 \cdot 10^4$

## 19. UFRGS-RS

C5-H17

Utilizados em diversas áreas de pesquisa, balões estratosféricos são lançados com seu invólucro impermeável parcialmente cheio de gás, para que possam suportar grande expansão à medida que se elevam na atmosfera. Um balão, lançado ao nível do mar, contém gás hélio à temperatura de  $27^\circ \text{C}$ , ocupando um volume inicial  $V_i$ . O balão sobe e atinge uma altitude superior a 35 km onde a pressão do ar é 0,005 vezes a pressão ao nível do mar e a temperatura é  $-23^\circ \text{C}$ . Considerando que o gás hélio se comporte como um gás ideal, qual

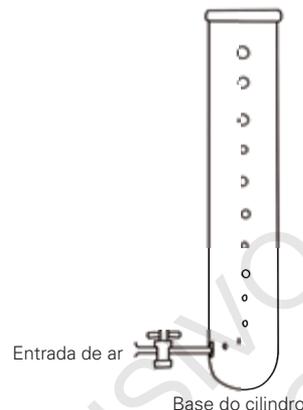
é, aproximadamente, a razão  $\frac{V_f}{V_i}$  entre os volumes final  $V_f$  e inicial  $V_i$ ?

- a) 426    d) 167  
 b) 240    e) 17  
 c) 234

## 20. UFG-GO

C7-H24

Analise o esquema a seguir.



Ao introduzir uma bolha de gás na base do cilindro, ela inicia sua ascensão ao longo da coluna de líquido, à temperatura constante. A pressão interna da bolha e a pressão a que ela está submetida, respectivamente,

- a) aumenta e diminui.  
 b) diminui e diminui.  
 c) aumenta e permanece a mesma.  
 d) permanece a mesma e diminui.  
 e) diminui e permanece a mesma.

# GASES II: PRINCÍPIO DE AVOGADRO, VOLUME MOLAR E EQUAÇÃO DE CLAPEYRON

Os gases ocupam todo o espaço em que estão contidos. Entretanto há uma proporcionalidade entre o número de moléculas de gás e o volume ocupado.

## Princípio ou Hipótese de Avogadro

Em 1811, o físico italiano Avogadro (1776-1856), estudando o comportamento dos gases, propôs o que ficou conhecido como **Princípio ou Hipótese de Avogadro**:

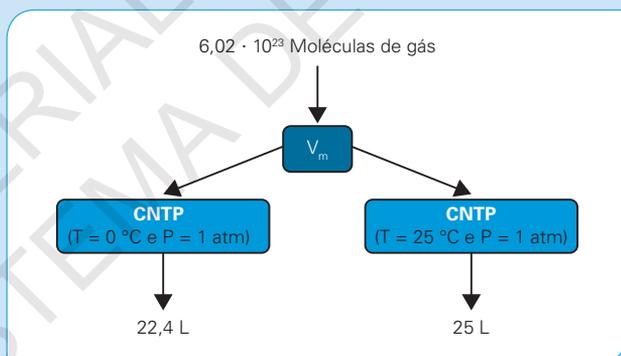
Volumes iguais de quaisquer gases, nas mesmas condições de pressão e temperatura, contêm o mesmo número de moléculas.

Isso significa que, dobrando o número de moléculas, o volume também dobra e vice-versa, desde que se mantenham constantes a pressão e a temperatura.

Na sequência, estão ilustrados três recipientes de mesmo volume, contendo os gases hidrogênio ( $H_2$ ), oxigênio ( $O_2$ ) e carbônico ( $CO_2$ ), respectivamente. Todos estão nas mesmas condições de pressão e temperatura, o que significa que a quantidade de moléculas existente em cada recipiente será a mesma. Entretanto, essa igualdade não é observada na massa, uma vez que os três gases possuem massas molares diferentes, e não acontecerá com a quantidade de átomos, em razão de a multiplicidade dos gases ser distinta.

## VOLUME MOLAR ( $V_m$ )

Corresponde ao volume ocupado por um mol de qualquer gás (ou moléculas gasosas) em uma determinada condição de temperatura e pressão. Esse valor varia de acordo com as condições específicas de temperatura e pressão.



### Exemplos

| Substância gasosa | Massa molar (g/mol) | Volume molar (L) |      |
|-------------------|---------------------|------------------|------|
|                   |                     | CNTP             | CATP |
| $H_{2(g)}$        | 2 g                 | 22,4 L           | 25 L |
| $NH_{3(g)}$       | 17 g                | 22,4 L           | 25 L |
| $C_2H_{6(g)}$     | 30 g                | 22,4 L           | 25 L |

- Princípio de Avogadro
- Volume molar

### HABILIDADES

- Trabalhar com o Princípio de Avogadro.
- Trabalhar com volume molar e suas relações estequiométricas.

Agora, quando você for trabalhar com a resolução de exercícios envolvendo gases nas CNTP, utilize a relação:

$$1 \text{ mol} \xrightarrow{\text{contém}} 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas} \xrightarrow{\text{e ocupa}} 22,4 \text{ litros}$$

E, no caso de envolver gases na CATP:

$$1 \text{ mol} \xrightarrow{\text{contém}} 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas} \xrightarrow{\text{e ocupa}} 25 \text{ litros}$$

Perceba que essa não é a única forma de se resolver esse tipo de exercício, mas é a mais simples.

Há também a possibilidade de utilizar a equação de Estado do gás ideal (Clapeyron).

## Equação de Estado do gás ideal (Equação de Clapeyron)

Inicialmente, é importante você perceber que é possível correlacionar as quatro variáveis de estado utilizadas para descrever os gases: pressão, volume, temperatura e quantidade de matéria (mols), de forma concomitante. Elas servem para identificar as condições experimentais nas quais um gás se encontra.

Até o presente momento, foram estudadas as quatro variáveis de estado, porém sem que fossem correlacionadas em conjunto.

| Lei de Boyle                                    | Lei de Charles                        | Hipótese de Avogadro                  |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
| $V = k \cdot \frac{1}{P}$<br>(n e T constantes) | $V = k \cdot T$<br>(n e P constantes) | $V = k \cdot n$<br>(P e T constantes) |

Em que **k** indica uma relação de proporcionalidade. Avaliando as três leis em conjunto, tem-se:

$$V = k \cdot \frac{n \cdot T}{P}$$

Pode-se transformar a relação criada em uma equação matemática com a inserção de uma constante de proporcionalidade, denominada **R** e conhecida como constante universal dos gases.

$$V = \frac{n \cdot T}{P} \cdot R$$

Reorganizando a equação anterior, vamos ter uma relação entre pressão, volume e temperatura para uma determinada quantidade, em mols (n), de moléculas:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Tem-se, ainda:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

em que:

P = pressão, em atm, mmHg ou Pa;

V = volume, em litros (L);

n = quantidade de matéria, em mols (mol);

m = massa do gás;

M = massa molar do gás;

T = temperatura absoluta, em Kelvin (K);

R = constante universal dos gases perfeitos.

O valor numérico de R depende exclusivamente das unidades utilizadas nas medidas de pressão (P) e volume (V). Assim:

- quando a pressão for dada em **atm** →  
→ R = 0,082 **atm** · L · mol<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>;
- quando a pressão for dada em **mmHg** →  
→ R = 62,3 **mmHg** · L · mol<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>;
- quando a pressão for dada em **Pa** →  
→ R = 8,31 **Pa** · m<sup>3</sup> · mol<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>;

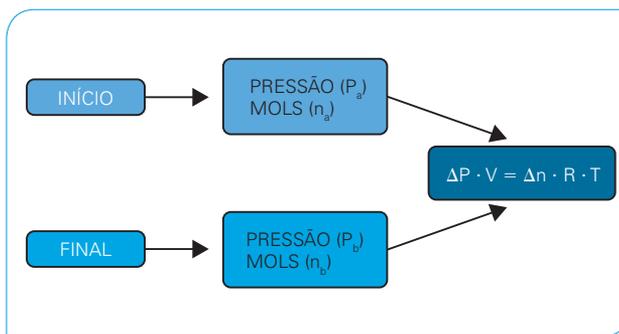
Assim:

$$\frac{P}{\text{Pressão (atm)}} \cdot \frac{V}{\text{Volume}} = \frac{n}{\text{Quantidade de matéria}} \cdot \frac{R}{\text{Constante universal dos gases}} \cdot \frac{T}{\text{Temperatura absoluta}}$$

Com as equações apresentadas até o momento, é possível determinar a quantidade existente de moléculas de gás contida em um volume sobre determinada pressão e temperatura. É importante ressaltar que a identidade do gás é irrelevante, portanto todos os gases apresentarão o mesmo comportamento sobre condições ideais.

### Cuidado!

Uma situação muito particular é o **vazamento de gás** em um recipiente rígido à temperatura constante. Anteriormente, foi correlacionada a pressão com a quantidade de matéria (mol) existente em um recipiente; tal análise mostra-se diretamente proporcional, ou seja, quanto maior a quantidade de gás em um determinado volume, maior será a pressão apresentada. Assim, uma variação da pressão está relacionada a uma variação da quantidade de mol de gás em um recipiente. Portanto, para situações como essa, utiliza-se a seguinte relação matemática:



Em que ΔP = variação da pressão (P<sub>a</sub> - P<sub>b</sub>); V = volume do recipiente; Δn = variação da quantidade de matéria (n<sub>a</sub> - n<sub>b</sub>); R = constante universal dos gases; T = temperatura na escala absoluta.

## ROTEIRO DE AULA

## Estudo dos gases

## Princípio de Avogadro

Volumes iguais, de quaisquer gases, nas mesmas condições de pressão e temperatura, apresentam a mesma quantidade de substância em mol ou moléculas.

## Volume molar

Corresponde ao volume ocupado por um mol de qualquer gás (ou moléculas gasosas) em uma determinada condição de temperatura e pressão.

CNTP

$T = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $P = 1\text{ atm}$   
 $V = 22,4\text{ L}$

CATP

$T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 $P = 1\text{ atm}$   
 $V = 25\text{ L}$

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

# ROTEIRO DE AULA

## Estudo dos gases

Equação de Estado  
do gás ideal

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Envolve as quatro  
variáveis de estado

PRESSÃO

TEMPERATURA

VOLUME

QUANTIDADE

DE MATÉRIA

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. IFSul-RS – Supondo um comportamento de gás ideal, a opção que indica, aproximadamente, a massa em gramas, de 1,12 L de  $\text{NH}_3$  nas CNTP é

- a) 0,85 g.  
b) 1,50 g.  
c) 8,50 g.  
d) 22,4 g.

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Na CNTP ( $P = 1 \text{ atm}$  e  $T = 273 \text{ K}$ )

$$1 \cdot 1,12 = n \cdot 0,082 \cdot 273$$

$$n = 0,05 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{MM}$$

$$m = 0,05 \cdot 17 = 0,85 \text{ g}$$

2. Unicid-SP – Numa sala de triagem de um pronto-socorro, acidentalmente, um termômetro quebrou-se e praticamente todo o mercúrio contido no bulbo espalhou-se pelo chão. No momento do acidente, a temperatura da sala era de  $25^\circ\text{C}$ . Considerando o volume da sala  $240 \text{ m}^3$ , a pressão atmosférica do mercúrio  $2,6 \cdot 10^{-6} \text{ atm}$  a  $25^\circ\text{C}$  e  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , calcule a quantidade de vapor de mercúrio, em g, que se espalhou.

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$2,6 \cdot 10^{-6} \cdot 240000 = n \cdot 0,082 \cdot 298$$

$$n = 0,025 \text{ mol de Hg}$$

$$1 \text{ mol de Hg} \text{ — } 200,59 \text{ g}$$

$$0,025 \text{ mol} \text{ — } x$$

$$x = 5,01 \text{ g}$$

## 3. IFCE

C7-H24

Usando os conceitos relacionados ao estudo dos gases, podemos afirmar:

- a) Pela lei de Boyle, é possível comprovar que, a uma temperatura constante, o volume ocupado por uma massa fixa de um gás é diretamente proporcional à pressão.
- b) De acordo com a Teoria Cinética Molecular dos gases, um gás é formado por moléculas com movimentos circulares e definidos e, em um gás ideal, há atração e repulsão entre as moléculas.
- c) Pela lei de Charles, para transformações isobáricas, o volume de um gás é inversamente proporcional à temperatura absoluta.
- d) Pela lei de Gay-Lussac, proposta em 1802, quando uma massa variável de um gás sofre transformação isocórica, a pressão do gás será diretamente proporcional à temperatura absoluta do sistema.
- e) Pela Hipótese de Avogadro, gases diferentes, nas mesmas condições de volume, de pressão e temperatura, sempre apresentarão iguais números de moléculas.

Princípio de Avogadro – “Volumes iguais de gases quaisquer, mantidos nas mesmas condições de temperatura e pressão, contêm o mesmo número de moléculas.”

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

## 4. UFPA

O  $\text{CO}_2$  é uma substância que apresenta diversas aplicações, sendo uma das mais conhecidas, sua utilização em extintores de incêndio, no combate ao fogo. Assim, o número de moléculas de  $\text{CO}_2$ , contidas em um extintor de 3,0 L de capacidade, sob pressão de 4,1 atm e temperatura de  $27^\circ\text{C}$ , é

**Dados:**  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ; Número de Avogadro =  $6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

a)  $2,60 \cdot 10^{26}$

d)  $7,50 \cdot 10^{23}$

b)  $3,01 \cdot 10^{23}$

e)  $8,02 \cdot 10^{20}$

c)  $6,02 \cdot 10^{23}$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$4,1 \cdot \text{atm} \cdot 3 \text{ L} = n \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 300 \text{ K}$$

$$n = \frac{12,3}{24,6} = 0,5 \text{ mol}$$

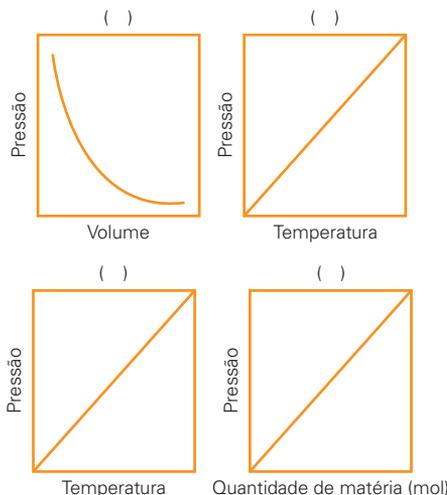
$$1 \text{ mol} \text{ — } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$$

$$0,5 \text{ mol} \text{ — } x$$

$$x = 3,01 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$$

5. UFPR – A equação geral dos gases ideais é uma equação de estado que correlaciona pressão, temperatura, volume e quantidade de matéria, sendo uma boa aproximação ao comportamento da maioria dos gases. Os exemplos descritos a seguir correspondem às observações realizadas para uma quantidade fixa de matéria de gás e variação de dois parâmetros. Numere as representações gráficas, relacionando-as com as seguintes descrições.

- Ao encher um balão com gás hélio ou oxigênio, o balão apresentará a mesma dimensão.
- Ao encher um pneu de bicicleta, é necessária uma pressão maior que a utilizada em pneu de carro.
- O cozimento de alimentos é mais rápido em maiores pressões.
- Uma bola de basquete cheia no verão provavelmente terá aparência de mais vazia no inverno, mesmo que não tenha vazado ar.



Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta na numeração das representações gráficas.

- a) 1 – 3 – 4 – 2  
**b) 2 – 3 – 4 – 1**  
 c) 4 – 2 – 1 – 3  
 d) 4 – 3 – 1 – 2  
 e) 2 – 4 – 3 – 1

- 1) Hipótese de Avogadro: o mesmo número de mols de qualquer gás ocupará o mesmo volume, mantidas as condições de pressão e temperatura constantes.  
 2) Mantida a temperatura constante, pressão e volume são grandezas inversamente proporcionais.  
 3) Mantido o volume constante, pressão e temperatura são grandezas diretamente proporcionais.  
 4) Mantida a pressão constante, volume e temperatura são grandezas diretamente proporcionais.

**Conclusão:** 2 (transformação isotérmica) – 3 (transformação isocórica ou isovolumétrica) – 4 (transformação isobárica) – 1 (hipótese de Avogadro).

**6. Espcex-SP/Aman-RJ (adaptado)** – A nitroglicerina é um líquido oleoso de cor amarelo-pálida, muito sensível ao choque ou calor. É empregada em diversos tipos de explosivos. Sua reação de decomposição inicia-se facilmente e gera rapidamente grandes quantidades de gases, expressiva força de expansão e intensa liberação de calor, conforme a equação da reação:

$$4 \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9(\ell) \rightarrow 6 \text{N}_{2(\text{g})} + 12 \text{CO}_{2(\text{g})} + 10 \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})}$$

Admitindo-se os produtos gasosos da reação como gases ideais, cujos volumes molares são iguais a 24,5 L, e tomando por base a equação da reação de decomposição da nitroglicerina, calcule o volume total aproximado, em litros, de gases produzidos na reação de decomposição completa de 454 g de nitroglicerina.

**Dados:** massa molar da nitroglicerina = 227 g/mol; volume molar = 24,5 L/mol (25 °C e 1 atm)



$$4 \cdot 227 \text{ g} \text{ ——— } (6 + 12 + 10 + 1) \cdot 24,5 \text{ L}$$

$$454 \text{ g} \text{ ——— } V_{\text{total}}$$

$$V_{\text{total}} = 355,25 \approx 355,3 \text{ L}$$

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. PUC-RS** – No carvão mineral do Rio Grande do Sul, é possível encontrar a pirita, um mineral de aparência metálica que forma belos cristais dourados, apesar de não ser constituída de ouro. Isso levou a pirita, que na realidade é um sulfeto de ferro, a ficar conhecida como “ouro de tolo”. Quando aquecemos pirita em contato com o ar, ela reage com o oxigênio e libera seu enxofre na forma de  $\text{SO}_2$ , um gás com odor desagradável. É interessante notar que a massa do  $\text{SO}_2$  liberado é maior que a massa inicial de pirita: por exemplo, com 15 g de pirita, há produção de 16 g de  $\text{SO}_2$ . Isso porque a pirita é representada por

**Dados:** O = 16; S = 32; Fe = 56

$$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

- a)  $\text{FeS}$ , e o gás liberado do seu aquecimento é um poluente causador de chuva ácida.  
 b)  $\text{FeS}_2$ , e 16 g de  $\text{SO}_2$  ocupam cerca de 6 L nas condições ambientes.  
 c)  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ , e a liberação do  $\text{SO}_2$  viola a lei da conservação da massa.  
 d)  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ , e em 16 g de  $\text{SO}_2$  há tantas moléculas quanto em 8 g de  $\text{O}_2$ .  
 e)  $\text{Fe}_2\text{SO}_4$ , e o gás liberado é constituído de moléculas não polares.

### 8. UFPR (adaptado)

“Gelo de fogo” escondido em *permafrost* é fonte de energia do futuro? Conhecido como “gelo que arde”, o hidrato de metano consiste em cristais de gelo com gás preso em seu interior. Eles são formados por uma combinação de temperaturas baixas e pressão elevada e são encontrados no limite das plataformas continentais, onde o leito marinho entra em súbito declive até chegar ao fundo do oceano.

Acredita-se que as reservas dessa substância sejam gigantescas. A estimativa é de que haja mais energia armazenada em hidrato de metano do que na soma de todo petróleo, gás e carvão do mundo. Ao reduzir a pressão ou elevar a temperatura, a substância simplesmente se quebra em água e metano – muito metano. Um metro cúbico do composto libera cerca de 160 metros cúbicos de gás à pressão e temperatura ambiente, o que o torna uma fonte de energia altamente intensiva.

Disponível em: [http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2014/04/140421\\_energia\\_metano\\_ms.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2014/04/140421_energia_metano_ms.shtml).  
 Acesso em: 21 abr. 2014. Adaptado.

**Dado:**  $R = 8,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Para armazenar todo o gás do interior de  $1 \text{ m}^3$  de “gelo de fogo” num cilindro de  $1 \text{ m}^3$  e à temperatura de  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ , qual pressão (em atm) é necessária?

**9. IFCE** – A nossa atmosfera é composta por diferentes gases, dentre eles  $O_2$ ,  $CO_2$  e  $N_2$ , estes denominados gases reais. Para estudar o comportamento dos gases, primeiramente, estudamos os denominados gases ideais, modelos em que as moléculas se movem ao acaso e são tratadas como moléculas de tamanho desprezível, nas quais a força de interação elétrica entre as partículas é nula. De acordo com o modelo dos gases ideais, quando o número de mols de um gás permanece constante, a lei dos Gases Ideais é expressa pela equação  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ , em que:

$P$  = pressão;  $V$  = volume;  $n$  = número de mols;  
 $R$  = constante dos gases ideais;  $T$  = temperatura em Kelvin.

De acordo com essa equação, é correto afirmar que

- a pressão de um gás é inversamente proporcional à temperatura absoluta se o volume se mantiver constante.
- a pressão é inversamente proporcional ao volume, ou seja, ao diminuirmos a pressão de um gás nas condições ideais e com o número de mols constante e temperatura constante, o volume aumenta.
- a pressão e o volume do gás ideal independem da temperatura dele.
- o número de mols de um gás varia de acordo com a pressão e o volume que esse gás apresenta.
- a temperatura de um gás é sempre constante.

**10. FCM-PB** – Dois mols de um gás, sob 6 atm de pressão, ocupa um volume de 10 litros; uma vez comprimido até 5 litros, a pressão é alterada para 3 atm. Qual será a temperatura inicial e final respectivamente desse sistema?

**Dado:** Constante universal dos gases perfeitos:

$$0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

**11. UEL-PR (adaptado)** – Em uma aula de laboratório de química, os estudantes juntamente com o professor realizaram experimentos com o objetivo de investigar a quantidade de gás carbônico ( $CO_2$ ) presente no refrigerante. Cada grupo de estudantes recebeu uma lata de refrigerante de cola do tipo normal e fechada e iniciou-se a experimentação, provocando a liberação de todo o gás contido no refrigerante. Como o processo é realizado por meio de pesagem por diferença, antes de abrir a lata e após a eliminação do gás, alguns cuidados foram tomados, a fim de minimizar os erros experimentais. O quadro a seguir apresenta os valores de massa obtidos pelos estudantes durante o procedimento experimental.

| Refrigerante de cola do tipo normal |                   |                 |                                |
|-------------------------------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|
| Experimentos                        | Massa inicial (g) | Massa final (g) | Massa aproximada de $CO_2$ (g) |
| 1                                   | 405,45            | 403,39          | 2,06                           |
| 2                                   | 402,29            | 400,46          | 1,83                           |
| 3                                   | 410,00            | 407,92          | 2,08                           |
| 4                                   | 404,27            | 402,35          | 1,92                           |
| 5                                   | 409,80            | 407,67          | 2,13                           |
| 6                                   | 402,81            | 400,80          | 2,01                           |
| Médias                              | 405,77            | 403,77          | 2,00                           |

CAVAGIS, A. D. M.; PEREIRA, E. A.; OLIVEIRA, C. L. Um método simples para avaliar o teor de sacarose e  $CO_2$  em refrigerantes. *Química Nova na Escola*. v. 36. n. 3. 2014. p. 241-245. Adaptado.

Considerando que a massa molar do  $CO_2 = 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ ,

que a equação dos gases ideais é dada pela fórmula  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ , que a constante dos gases ideais é igual a  $0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$  e que o quadro apresenta os

dados obtidos experimentalmente pelos estudantes, qual o volume em litros que a massa de  $CO_2$  contida na bebida ocuparia a uma temperatura ambiente de  $25^\circ\text{C}$  e pressão de 1 atm?

**12. Uninove-SP** – Considere que certa quantidade de ar está armazenada em um recipiente de 2,5 L à pressão de 1 atm e temperatura de 25 °C.

a) Sabendo que  $K = ^\circ\text{C} + 273$ , calcule o volume dessa mesma quantidade de ar quando a pressão e a temperatura são reduzidas a 0,85 atm e 15 °C, respectivamente.

b) Caso o ar seja trocado por igual número de mol de argônio, ocorrerá algum tipo de alteração no volume de gás armazenado no recipiente? Justifique sua resolução.

**13. UECE** – Uma amostra de gás causador de chuva ácida, com massa de 4,80 g, ocupa um volume de 1 litro quando submetido a uma pressão de 1,5 atm e a uma temperatura de 27 °C. Esse gás é o

- a) dióxido de enxofre.
- b) trióxido de enxofre.
- c) óxido nítrico.
- d) dióxido de nitrogênio.

**14. Famerp-SP** – Um isqueiro descartável contém gás isobutano ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ). Mesmo após o uso total desse isqueiro, resta um resíduo do gás em seu interior. Considerando que o volume desse resíduo seja igual a 1 mL e que o gás foi medido nas condições ambientes de pressão e temperatura, a massa do isobutano restante no isqueiro é, aproximadamente, de

- a) 3 mg. 4 mg.
- b) 1 mg. e) 5 mg.
- c) 2 mg.

**15. UEM-PR (adaptado)** – Um recipiente hermeticamente fechado, que pode ter sua temperatura e pressão controladas, está preenchido com 30 g de gás hidrogênio, 64 g de gás oxigênio e 84 g de gás nitrogênio. Com base nessas informações, assinale a(s) alternativa(s) correta(s). Assuma que os gases se comportam como gases ideais.

- 01) Nas CNTP, o volume ocupado pela amostra de  $\text{H}_2$  é de 336 L.
- 02) Nas CNTP, o volume ocupado pela amostra de  $\text{N}_2$  é de 67,2 L.

04) Nas CNTP, o volume do recipiente é de 448 litros.

08) Essa mistura será sempre homogênea, entre as temperaturas de  $-270\text{ }^\circ\text{C}$  e  $300\text{ }^\circ\text{C}$ , a 5 atm de pressão.

Dê a soma das alternativas corretas.

**16. Unesp-SP** – Enquanto estudava a natureza e as propriedades dos gases, um estudante anotou em seu caderno as seguintes observações sobre o comportamento de 1 litro de hidrogênio e 1 litro de argônio, armazenados na forma gasosa à mesma temperatura e pressão:

- I. Têm a mesma massa.
- II. Comportam-se como gases ideais.
- III. Têm o mesmo número de átomos.
- IV. Têm o mesmo número de mols.

É correto o que o estudante anotou em

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

**17. UFPB (adaptado)** – Recentemente, foram divulgados pela imprensa local (Jornal Correio da Paraíba de 03/07/2011) resultados de uma pesquisa sobre a poluição atmosférica causada pela emissão de  $\text{CO}_2$  por veículos automotores que circulam em João Pessoa. Segundo esses resultados, para neutralizar os efeitos dessa poluição, seria necessário que a área de Mata Atlântica fosse cinco vezes maior que a existente na Paraíba. Ainda segundo a pesquisa, num trajeto de ida e volta na Avenida Epitácio Pessoa, totalizando 20 km, um automóvel chega a liberar 3 kg de  $\text{CO}_2$ . Nesse contexto, considere que essa massa equivale a 68 mols de  $\text{CO}_2$  e que essa quantidade é transformada pela fotossíntese em igual quantidade de matéria de  $\text{O}_2$ .

Com base nessas considerações e dentro das CNTP, qual será o volume de  $\text{O}_2$  produzido nessa transformação?

## ESTUDO PARA O ENEM

## 18. Fuvest-SP

C7-H24

A tabela a seguir apresenta informações sobre cinco gases contidos em recipientes separados e selados

| Recipiente | Gás            | Temperatura (K) | Pressão (atm) | Volume (L) |
|------------|----------------|-----------------|---------------|------------|
| 1          | O <sub>3</sub> | 273             | 1             | 22,4       |
| 2          | Ne             | 273             | 2             | 22,4       |
| 3          | He             | 273             | 4             | 22,4       |
| 4          | N <sub>2</sub> | 273             | 1             | 22,4       |
| 5          | Ar             | 273             | 1             | 22,4       |

Qual recipiente contém a mesma quantidade de átomos que um recipiente selado de 22,4 L, contendo H<sub>2</sub>, mantido a 2 atm e 273 K?

- a) 1                      d) 4  
 b) 2                      e) 5  
 c) 3

## 19. PUCCamp-SP

C7-H24

O quociente entre os números de átomos existentes em volumes iguais de oxigênio (O<sub>2</sub>) e propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), medidos nas mesmas condições de pressão e temperatura, é

- a)  $\frac{2}{8}$                       c)  $\frac{1}{11}$                       e)  $\frac{2}{11}$   
 b)  $\frac{2}{5}$                       d)  $\frac{1}{8}$

## 20. Univag-MT

C7-H24

Biodigestores transformam matéria orgânica em uma mistura de gases e resíduos sólidos. Um biodigestor de capacidade igual a 10 000 litros gerou, após o final do processo de fermentação, uma mistura contendo 60% de metano, equivalente a 750 mols desse gás. Considerando que a temperatura interna do biodigestor era de 320 K e que a constante universal dos gases vale 0,082 atm · L · mol<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>, a pressão interna do biodigestor, em atm, era aproximadamente de

- a) 1,9                      d) 3,3  
 b) 5,3                      e) 2,9  
 c) 1,2

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO  
 SISTEMA DE ENSINO DOMINUS

## 16

# GASES III: MISTURAS GASOSAS, DENSIDADE, DIFUSÃO E EFUSÃO

- Misturas gasosas
- Pressão parcial (lei de Dalton)
- Volume parcial (lei de Amagat)
- Fração em quantidade de matéria (molar)
- Densidade dos gases
- Efusão e difusão gasosa
- Lei de Graham

## HABILIDADES

- Trabalhar com misturas gasosas.
- Trabalhar com o cálculo de pressões e volumes parciais em misturas gasosas.
- Trabalhar a densidade dos gases.
- Trabalhar com o conceito de efusão e difusão gasosas.
- Trabalhar com a lei de Graham.

## Pressão parcial

Em uma mistura gasosa, ou solução gasosa, cada gás contribui para a pressão total da mistura. Essa contribuição é denominada **pressão parcial**, ou seja, é a pressão que o gás exerceria se ocupasse sozinho o mesmo volume da mistura, na mesma temperatura.

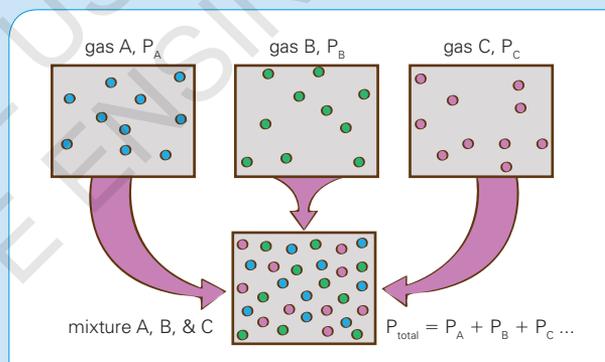
John Dalton (1766-1844) estudou o comportamento dos gases e concluiu que a pressão total de uma mistura gasosa é obtida pela somatória das pressões parciais dos gases que compõem a referida mistura.

Imagine, agora, uma mistura formada por três gases, A, B e C. Cada um desses gases apresenta uma referida pressão parcial,  $p_A$ ,  $p_B$  e  $p_C$ , respectivamente, e a pressão total como  $P_{\text{total}}$ .

As observações feitas por Dalton são expressas, matematicamente, como lei de Dalton das pressões parciais e esta é dada por:

$$P_{\text{total}} = p_A + p_B + p_C$$

Observe o esquema a seguir, que ilustra de maneira bem didática como o tema da pressão parcial pode ser compreendido.



Em uma mistura, os diferentes gases não sofrem interferência um do outro, assim se determina a pressão parcial de cada gás como sendo a pressão que exerceria caso estivesse sozinho no recipiente da mistura.

Aplicando-se a equação de estado do gás ideal, isoladamente, para os gases A, B e C, tem-se:

$$p_A \cdot V = n_A \cdot R \cdot T$$

$$p_B \cdot V = n_B \cdot R \cdot T$$

$$p_C \cdot V = n_C \cdot R \cdot T$$

Lembre-se de que  $V$  corresponde ao volume do recipiente que contém a mistura e  $T$ , à temperatura da mistura na escala Kelvin.

Veja, a seguir, como se pode trabalhar, matematicamente, com a lei de Dalton.

$$P_{\text{total}} = p_A + p_B + p_C$$

$$p_A = \frac{n_A \cdot R \cdot T}{V} \quad p_B = \frac{n_B \cdot R \cdot T}{V} \quad p_C = \frac{n_C \cdot R \cdot T}{V}$$

Portanto,

$$P_{\text{Total}} = \frac{n_A \cdot R \cdot T}{V} + \frac{n_B \cdot R \cdot T}{V} + \frac{n_C \cdot R \cdot T}{V}$$

$$P_{\text{Total}} = \frac{(n_A + n_B + n_C) \cdot R \cdot T}{V}$$

$$P_{\text{Total}} = \frac{n_{\text{Total}} \cdot R \cdot T}{V}$$

Por meio da análise da fórmula apresentada, conclui-se que a pressão total da mistura depende da quantidade de moléculas gasosas existentes, não distinguindo um gás do outro. Podemos concluir que é possível perceber que a pressão parcial desses gases é diretamente proporcional à quantidade de mol de cada gás na mistura. Dessa maneira, surge como uma nova ferramenta de trabalho, para auxiliar no cálculo de quantidades, **a fração em quantidade de matéria ou fração molar, X**, dada pela quantidade, em mol, de um dos gases da mistura ( $n_A$ ,  $n_B$  ou  $n_C$ ) dividida pelo número de mols total dos gases da mistura ( $n_{\text{total}} = n_A + n_B + n_C$ ). Para o gás A, tem-se:

$$X_A = \frac{n_A}{n_{\text{total}}}$$

Aqui,  $X_A$  é a fração em quantidade de matéria da substância A,  $n_A$  é o número de mol da substância A e  $n_{\text{total}}$  é o número de mols total dos gases da mistura.

A relação matemática a seguir surge quando são combinadas duas equações vistas anteriormente. A equação obtida é muito útil na resolução de problemas. Perceba que ela deixa clara a relação entre o número de mols do gás e a sua pressão exercida na mistura.

$$P_{\text{total}} = \frac{n_{\text{total}} \cdot R \cdot T}{V} \quad p_A = \frac{n_A \cdot R \cdot T}{V}$$

Como o termo  $\frac{R \cdot T}{V}$  é constante em ambas as equações, teremos:

$$\frac{P_{\text{total}}}{n_{\text{total}}} = \frac{p_A}{n_A}$$

Portanto,

$$p_A = \frac{n_A}{n_{\text{total}}} \cdot P_{\text{total}}$$

Concluindo:

$$p_A = X_A \cdot P_{\text{total}}$$

Quando o valor da fração em quantidade de matéria obtida é multiplicado por 100, obtém-se a porcentagem do referido gás na mistura e o percentual obtido pode ser utilizado tanto em mol quanto em volume. Veja a relação para o gás A.

$$\%_A = X_A \cdot 100$$

### Exemplo

Levando em consideração que a composição percentual no ar atmosférico é constante para as situações hipotéticas a seguir, teremos que as pressões totais serão de 1 atm, para Fortaleza, e 0,67 atm, para La Paz.

| Gás            | % (em mol) | Fração molar (X) | Pressão parcial (Fortaleza) | Pressão parcial (La Paz) |
|----------------|------------|------------------|-----------------------------|--------------------------|
| N <sub>2</sub> | 78%        | 0,78             | 0,78 atm                    | 0,523 atm                |
| O <sub>2</sub> | 21%        | 0,21             | 0,21 atm                    | 0,140 atm                |
| Ar             | 1%         | 0,01             | 0,01 atm                    | 0,0067 atm               |

Uma dúvida que geralmente ocorre é se haverá uma alteração na pressão parcial de cada gás presente na mistura se forem adicionados outros gases na mistura inicial. Você imagina qual seja a resposta? Pois bem, a resposta é não, uma vez que, com a adição de outros gases, ocorre um aumento na quantidade de mol de gás total e, conseqüentemente, um aumento na pressão total e, de forma proporcional, a fração molar do gás analisado diminui.

### Exemplo

Para um recipiente de volume igual a 22,4 L e temperatura de 273 K.

|           | Gás            | Quantidade de mol | Fração molar (x) | Pressão parcial (CNTP) | Pressão total da mistura |
|-----------|----------------|-------------------|------------------|------------------------|--------------------------|
| Mistura I | N <sub>2</sub> | 8 mols            | 0,80             | 8 atm                  | 10 atm                   |
|           | O <sub>2</sub> | 2 mols            | 0,20             | 2 atm                  |                          |

Adicionando-se 10 mols de neônio na mistura I, teremos a mistura II.

|            | Gás            | Mols    | Fração molar (x) | Pressão parcial (CNTP) | Pressão total da mistura |
|------------|----------------|---------|------------------|------------------------|--------------------------|
| Mistura II | N <sub>2</sub> | 8 mols  | 0,40             | 8 atm                  | 20 atm                   |
|            | O <sub>2</sub> | 2 mols  | 0,10             | 2 atm                  |                          |
|            | Ne             | 10 mols | 0,50             | 10 atm                 |                          |

## Volume parcial

Émile Amagat (1845-1915) desenvolveu um estudo sobre o comportamento dos gases em uma mistura gasosa. A prioridade do estudo foi avaliar o volume ocupado pelos gases quando presentes em uma mistura. Para o referido estudo, a temperatura e a pressão foram mantidas constantes.

De acordo com Amagat, o volume que um gás ocupa em uma mistura gasosa é exatamente igual ao volume que esse gás ocuparia se estivesse sozinho dentro de um recipiente. Essa conclusão ficou conhecida como a lei de Amagat dos volumes parciais, que afirma que o volume ocupado pelo gás na mistura gasosa é um volume parcial. Esse volume depende unicamente da fração em quantidade de matéria do gás estudado e do volume da mistura.

Considere, mais uma vez, uma mistura com gases hipotéticos, A, B e C. Aplicando-se a equação de estado do gás ideal, isoladamente, para os gases A, B e C, tem-se:

$$P \cdot V_A = n_A \cdot R \cdot T \quad P \cdot V_B = n_B \cdot R \cdot T \quad P \cdot V_C = n_C \cdot R \cdot T$$

Saiba que P corresponde à pressão do sistema que contém a mistura e T, à temperatura da mistura na escala Kelvin.

Veja, a seguir, como se pode trabalhar, matematicamente, com a lei de Amagat.

$$V_{\text{total}} = v_A + v_B + v_C$$

$$v_A = \frac{n_A \cdot R \cdot T}{P} \quad v_B = \frac{n_B \cdot R \cdot T}{P} \quad v_C = \frac{n_C \cdot R \cdot T}{P}$$

Portanto,

$$V_{\text{total}} = \frac{n_A \cdot R \cdot T}{P} + \frac{n_B \cdot R \cdot T}{P} + \frac{n_C \cdot R \cdot T}{P}$$

$$V_{\text{Total}} = \frac{(n_A + n_B + n_C) \cdot R \cdot T}{P}$$

$$V_{\text{Total}} = \frac{n_{\text{Total}} \cdot R \cdot T}{P}$$

Por meio da análise da fórmula apresentada, conclui-se que o volume total da mistura depende da quantidade de moléculas gasosas existentes, não distinguindo um gás do outro; portanto, é possível perceber que o volume parcial desses gases é diretamente proporcional à quantidade de mol de cada gás na mistura.

As discussões, a seguir, giram em torno do gás A, contudo o mesmo raciocínio deve ser aplicado aos demais gases presentes na mistura.

A utilização do conceito de fração molar,  $X_A$ , ainda se faz útil neste momento, devendo ainda ser utilizada. Para o gás A, tem-se:

$$X_A = \frac{n_A}{n_{\text{total}}}$$

Em que  $X_A$  indica a fração molar da substância A,  $n_A$  é o número de mol da substância A e  $n_{\text{total}}$  é o número de mol total dos gases da mistura.

A relação matemática a seguir surge quando são combinadas duas equações vistas anteriormente. A equação obtida é muito útil na resolução de problemas. Perceba que ela deixa clara a relação entre o número de mol do gás e o volume ocupado pelo gás na mistura.

$$V_{\text{total}} = \frac{n_{\text{total}} \cdot R \cdot T}{P} \quad v_A = \frac{n_A \cdot R \cdot T}{P}$$

Como o termo  $\frac{R \cdot T}{V}$  é constante em ambas as equações, teremos:

$$\frac{V_{\text{total}}}{n_{\text{total}}} = \frac{v_A}{n_A}$$

Portanto,

$$v_A = \frac{n_A}{n_{\text{total}}} \cdot V_{\text{total}}$$

Concluindo:

$$v_A = X_A \cdot V_{\text{total}}$$

## Densidade dos gases

A densidade dos gases pode ser analisada de duas maneiras distintas: a densidade absoluta e a densidade relativa.

### Densidade absoluta ou massa específica

A densidade absoluta de um gás,  $d$ , também denominada de massa específica, é a massa da amostra gasosa dividida por seu volume, considerando-se uma determinada condição de temperatura e pressão. A unidade mais usual para essa relação é **gramas por litro** (g/L).

Como o volume de um gás (e conseqüentemente a densidade) é dependente da temperatura e da pressão,

o cálculo da densidade pode ser realizado utilizando-se as informações dessas condições, com base na equação de Clapeyron:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

$$P \cdot M = \frac{m}{V} \cdot R \cdot T$$

Sabendo que  $d = \frac{m}{V}$ , então:

$$P \cdot M = d \cdot R \cdot T$$

Assim:

$$d = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}$$

A unidade utilizada será o g/L.

Perceba que a densidade é diretamente proporcional à sua pressão e inversamente proporcional à sua temperatura, isto é, a densidade aumenta quando a pressão aumenta e diminui quando a temperatura aumenta, e vice-versa.

Trabalhando-se nas CNTP ( $P = 1 \text{ atm}$  e  $T = 273 \text{ K}$ ), encontramos a seguinte equação:

$$d = \frac{1 \cdot M}{0,082 \cdot 273}$$

$$d = \frac{1 \cdot M}{22,4}$$

Ou na CATP:

$$d = \frac{1 \cdot M}{0,082 \cdot 298}$$

$$d = \frac{1 \cdot M}{24,6}$$

## Densidade relativa

A densidade relativa é encontrada pela relação entre as densidades absolutas de dois gases, medidas nas mesmas condições de temperatura e pressão.

$$\left. \begin{aligned} d_1 &= \frac{P \cdot M_1}{R \cdot T} \\ d_2 &= \frac{P \cdot M_2}{R \cdot T} \end{aligned} \right\} \frac{d_1}{d_2} = \frac{\frac{P \cdot M_1}{R \cdot T}}{\frac{P \cdot M_2}{R \cdot T}}$$

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{M_1}{M_2} \text{ ou } d_{1,2} = \frac{M_1}{M_2}$$

Essa relação mostra quantas vezes um determinado gás é mais ou menos denso que outro gás. Perceba que basta somente conhecer as massas molares para saber qual gás é o mais ou o menos denso.

### Atenção

Essas relações, mostradas anteriormente, servem para que sejam feitas comparações entre um deter-

minado gás e o ar atmosférico. O ar atmosférico é uma mistura homogênea cuja composição atmosférica é aproximadamente de 78% de  $N_2$ , 21% de  $O_2$  e 1% de ar. Dessa forma, é possível determinar a massa molar aparente ou média do ar, que é aproximadamente de 28,9 g/mol.

$$M_{\text{ar atmosférico}} = \frac{(78 \cdot 28 \text{ g/mol}) + (21 \cdot 32 \text{ g/mol}) + (1 \cdot 40 \text{ g/mol})}{100} \approx 29 \text{ g/mol}$$

A densidade de qualquer gás (gás X) comparada com a densidade do ar é dada por:

$$d_{\text{X,ar}} = \frac{M_{\text{X}}}{M_{\text{ar}}}$$

Resta conhecer as massas molares de cada gás e realizar a comparação com a massa molar do ar atmosférico (29 g/mol). Dessa maneira, é possível saber se uma bexiga cheia de gás, ao ser solta, irá subir espontaneamente ou se cairá no chão.

## Efusão e difusão gasosas

Considerando que um recipiente contenha gás, se seu cheiro acidentalmente se espalhar, todos que estarão ao redor irão sentir o cheiro forte do gás (fato muito conhecido). Esse fato ocorre porque as moléculas de um gás movimentam-se com facilidade pelos espaços vazios entre as próprias moléculas e as moléculas do ar, fazendo com que elas se misturem uniformemente com o ar atmosférico.

Pode-se pensar também que essas moléculas conseguem atravessar as paredes porosas, porém nem todas na mesma velocidade, independentemente se os gases estão, ou não, nas mesmas condições de temperatura e pressão.

Assim, surgem os conceitos de efusão e difusão gasosas.

**Difusão gasosa** é a capacidade que as moléculas dos gases têm de se movimentar, de forma espontânea, através de um outro gás.

Veja alguns exemplos de difusão de gases através do ar que ocorrem em nosso cotidiano:

- Sentimos o cheiro do gás ao trocar o botijão;
- Um perfume é aberto em um ambiente e todos sentem o cheiro;
- A fumaça que sai da chaminé das fábricas ou do escapamento dos automóveis se dispersa pelo ar e, com o tempo, não conseguimos mais distingui-la.

Já a **efusão gasosa** é definida como a passagem do gás, também de forma espontânea, através de um ou vários orifícios, sempre do ambiente de maior pressão para o ambiente de menor pressão. Esse fenômeno pode ser observado quando uma bexiga murcha com o passar do tempo ou quando um pneu de um automóvel também murcha, já que ocorre a passagem do gás pelos pequenos orifícios da borracha.

Ao se fazer uma análise quantitativa desses fenômenos, Thomas Graham, um químico britânico, estudou a efusão gasosa e criou uma lei para a sua explicação.

“As velocidades de efusão dos gases são inversamente proporcionais às raízes quadradas de suas massas específicas ou massas molares, quando submetidas à mesma pressão e temperatura.”

$$\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{d_B}{d_A}}$$

$$\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

## ROTEIRO DE AULA

## Estudo dos gases

## Fração molar

$$X_A = \frac{n_A}{n_{\text{total}}}$$

## Pressão parcial

Pressão de cada um dos gases presentes em uma mistura

---



---

$$P_A = X_A \cdot P_{\text{total}}$$


---

## Volume parcial

Volume ocupado por cada um dos gases presentes em uma mistura

---



---

$$V_A = X_A \cdot V_{\text{total}}$$


---

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

# ROTEIRO DE AULA

## ESTUDO DOS GASES

### Densidade

#### Absoluta

$$d = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}$$

#### Relativa

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{M_1}{M_2}$$

### Difusão

Capacidade que as moléculas dos gases têm de se movimentar, de forma espontânea, através de um outro gás.

---



---



---



---

### Efusão

Passagem do gás, de forma espontânea, através de um ou vários orifícios, sempre do ambiente de maior pressão para o ambiente de menor pressão.

---



---

### Lei de Graham

$$\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

**1. FGV-SP (adaptado)** – O Brasil é um grande exportador de frutas frescas, que são enviadas por transporte marítimo para diversos países da Europa. Para que possam chegar com a qualidade adequada ao consumidor europeu, os frutos são colhidos prematuramente e sua completa maturação ocorre nos navios, numa câmara contendo um gás que funciona como um hormônio vegetal, acelerando seu amadurecimento. Esse gás a 27 °C tem densidade  $1,14 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  sob pressão de 1,00 atm. A fórmula molecular desse gás é

**Dados:** R 0,082 atm · L · mol<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>; H = 1u; C = 12u; N = 14u; O = 16u

- a) Xe  
b) O<sub>3</sub>  
c) CH<sub>4</sub>  
d) C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>  
e) N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

Teremos:

$$P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

$$\frac{m}{V} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T} \Rightarrow d = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}$$

$$M = \frac{d \cdot R \cdot T}{P} = \frac{1,14 \cdot 0,082 \cdot 300}{1}$$

$$M = 28,044 = 28 \text{ g/mol}$$

$$\text{C}_2\text{H}_4 \text{ (etileno ou eteno)} = 28 \text{ g/mol}$$

**2. UEM-PR** – Balões vendidos em parques e festas sobem porque são preenchidos com hélio ou hidrogênio. Após algumas horas, eles tendem a murchar, pois o gás escapa pela borracha do balão. A esse respeito, assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- 01) Hidrogênio e hélio escapam do balão por meio de um processo chamado difusão de gases.  
02) Se um balão fosse preenchido com hidrogênio e hélio, essa mistura de gases seria homogênea.  
04) A velocidade de efusão de gases depende somente do meio pelo qual esses gases efundem.  
08) A densidade absoluta de um gás pode ser expressa como sendo a razão entre a sua massa molar em gramas e 22,4 litros, nas CNTP.  
16) Gás sulfídrico, um gás tóxico, por ser mais denso que o ar, acumula-se junto ao solo quando escapa de seu recipiente.

Dê a soma da(s) alternativa(s) correta(s).

$$26 (02 + 08 + 16)$$

01) Incorreta. Hidrogênio e hélio escapam do balão por meio de um processo chamado efusão de gases.

02) Correta. Se um balão fosse preenchido com hidrogênio e hélio, essa mistura de gases seria homogênea.

04) Incorreta. A velocidade de efusão de gases depende da raiz quadrada do inverso de suas massas molares.

08) Correta. A densidade absoluta de um gás pode ser expressa como sendo a razão entre a sua massa molar em gramas e 22,4 litros, nas CNTP:  $d = \frac{M}{22,4}$ .

$$d = \frac{M}{22,4}$$

16) Correta. Gás sulfídrico, um gás tóxico, por ser mais denso que o ar, acumula-se junto ao solo quando escapa de seu recipiente:

$$d_{\text{relativa}} = \frac{M_{\text{H}_2\text{S}}}{M_{\text{ar}}} = \frac{34}{28,9} = 1,18.$$

## 3. PUC-PR

C7-H24

A atmosfera é uma camada de gases que envolve a terra, sua composição em volume é basicamente feita de gás nitrogênio (78%), gás oxigênio (21%) e 1% de outros gases, e a pressão atmosférica ao nível do mar é de aproximadamente 100 000 Pa. A altitude altera a composição do ar, diminui a concentração de oxigênio, tornando-o menos denso, com mais espaços vazios entre as moléculas; conseqüentemente, a pressão atmosférica diminui. Essa alteração na quantidade de oxigênio dificulta a respiração, caracterizando o estado clínico conhecido como hipóxia, que causa náuseas, dor de cabeça, fadiga muscular e mental, entre outros sintomas. Em La Paz, na Bolívia, capital mais alta do mundo, situada a 3 600 metros acima do nível do mar, a pressão atmosférica é cerca de 60 000 Pa e o teor de oxigênio no ar atmosférico é cerca de 40% menor que ao nível do mar. Os 700 000 habitantes dessa região estão acostumados ao ar rarefeito da Cordilheira dos Andes e comumente mascam folhas de coca para atenuar os efeitos da altitude. Em La Paz, a pressão parcial do gás oxigênio, em volume, é de, aproximadamente,

- a) 10 200 Pa.  
b) 12 600 Pa.  
c) 16 000 Pa.  
d) 20 000 Pa.  
e) 24 000 Pa.

A pressão parcial do gás oxigênio ao nível do mar é igual a 21% da pressão atmosférica do ar, assim temos:

$$p_{\text{O}_2} = 21\% = \frac{21}{100} = 0,21$$

$$p_{\text{O}_2} = 0,21 \cdot 100\,000$$

$$p_{\text{O}_2} = 21\,000 \text{ Pa}$$

Em La Paz, a pressão de O<sub>2</sub> é 40% menor, então:

$$p_{\text{O}_2} = 0,60 \cdot 21\,000$$

$$p_{\text{O}_2} = 12\,600 \text{ Pa}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

**4. FCM-PB (adaptado)** – Em uma mistura de três gases ideais, 30% é representado pelo gás A, o gás B tem uma pressão parcial de 100 mmHg. Qual o percentual e a pressão parcial do gás C sendo a pressão total da mistura 200 mm Hg?

$$P_{\text{total}} = p_A + p_B + p_C$$

$$p_B = X_B \cdot P_{\text{total}}$$

$$X_B = \frac{100 \text{ mmHg}}{200 \text{ mmHg}} \cdot 100\% = 50\%$$

$$X_{\text{total}} = X_A + X_B + X_C$$

$$100\% = 30\% + 50\% + X_C$$

$$X_C = 20\%$$

$$p_C = X_C \cdot P_{\text{total}}$$

$$p_C = 0,2 \cdot 200 \text{ mmHg}$$

$$p_C = 40 \text{ mmHg}$$

**5. UERJ** – Dois balões idênticos são confeccionados com o mesmo material e apresentam volumes iguais. As massas de seus respectivos conteúdos, gás hélio e gás metano, também são iguais. Quando os balões são soltos, eles alcançam, com temperaturas internas idênticas, a mesma altura na atmosfera.

Admitindo-se comportamento ideal para os dois gases, a razão entre a pressão no interior do balão contendo hélio e a do balão contendo metano é igual a

- a) 1  
b) 2  
**c) 4**  
d) 8

Teremos.

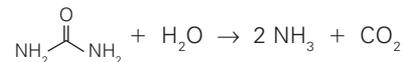
$$M_{\text{He}} = 4; M_{\text{CH}_4} = 16$$

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{He}} \cdot V &= \frac{m}{4} \cdot R \cdot T \\ P_{\text{CH}_4} \cdot V &= \frac{m}{16} \cdot R \cdot T \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \frac{P_{\text{He}} \cdot \cancel{V}}{P_{\text{CH}_4} \cdot \cancel{V}} &= \frac{\frac{m}{4} \cdot \cancel{R} \cdot \cancel{T}}{\frac{m}{16} \cdot \cancel{R} \cdot \cancel{T}} \end{aligned}$$

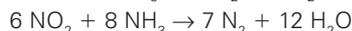
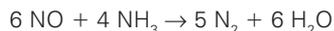
$$\frac{P_{\text{He}}}{P_{\text{CH}_4}} = \frac{16}{4} = 4$$

**6. UFGD-MS (adaptado)** – Desde 2012, a maioria dos veículos pesados fabricados no Brasil, como caminhões e ônibus, passaram a contar com a tecnologia SCR (do inglês Selective Catalyst Reduction). No escapamento desses veículos, os gases provenientes da combustão do óleo diesel entram em contato com um agente chamado de ARLA 32 (Agente Redutor Líquido Automotivo). O ARLA 32 é uma solução aquosa de ureia com concentração de 32,5%, que atua na redução dos

óxidos de nitrogênio (NOx) presentes nos gases de escape, transformando-os em vapor de água e nitrogênio, inofensivos para o meio ambiente. Quando injetada no sistema de escape dos veículos, a solução é vaporizada e a ureia sofre uma decomposição representada pela equação seguinte:



Então, a amônia formada reage com os óxidos de nitrogênio conforme as equações a seguir:



Considerando que a reação representada pela última equação acontece em um recipiente fechado de 1 L a 373 K, qual é a variação da pressão total exercida no recipiente quando os reagentes são completamente convertidos nos produtos?

**Dados:** pressões parciais dos gases:

$$p_{\text{NO}_2} = 184 \text{ atm}; p_{\text{NH}_3} = 245 \text{ atm}; p_{\text{N}_2} =$$

$$= 214 \text{ atm}; p_{\text{H}_2\text{O}} = 367 \text{ atm.}$$

$$P_{\text{total}} = p_A + p_B + \dots$$

$$P_{\text{reagentes}} = p_{\text{NO}_2} + p_{\text{NH}_3}$$

$$P_{\text{reagentes}} = 184 \text{ atm} + 245 \text{ atm} = 429 \text{ atm}$$

$$P_{\text{produtos}} = p_{\text{N}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$P_{\text{produtos}} = 214 \text{ atm} + 367 \text{ atm} = 581 \text{ atm}$$

$$\text{Variação da pressão} \Rightarrow p_{\text{produtos}} - p_{\text{reagentes}} = 581 - 429 = 152 \text{ atm}$$

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. UFBA** – Numa sala fechada, foram abertos ao mesmo tempo três frascos que continham, respectivamente,  $\text{NH}_3(\text{g})$ ,  $\text{SO}_2(\text{g})$  e  $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ . Uma pessoa que estava na sala, a igual distância dos três frascos, sentirá o odor desses gases em que ordem?

**8. Acafe-SC** – Fundamentado nos conceitos sobre os gases, analise as afirmações a seguir.

- I. A densidade de um gás diminui à medida que ele é aquecido sob pressão constante.
- II. A densidade de um gás não varia à medida que este é aquecido sob volume constante.
- III. Quando uma amostra de gás é aquecida sob pressão constante, é verificado o aumento do seu volume e a energia cinética média de suas moléculas mantém-se constante.

As afirmações corretas estão em

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

**9. ITA-SP** – Uma amostra de 4,4 g de um gás ocupa um volume de 3,1 L a 10 °C e 566 mmHg. Assinale a alternativa que apresenta a razão entre as massas específicas desse gás e as do hidrogênio gasoso nas mesmas condições de pressão e temperatura.

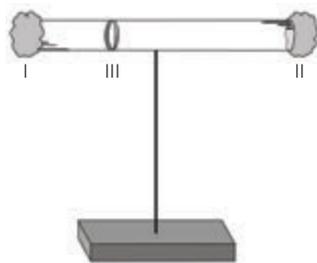
- a) 2,2  
b) 4,4  
c) 10  
d) 22  
e) 44

10. **UFJF-MG** – A lei dos gases ideais pode ser utilizada para determinar a massa molar de uma substância. Sabendo-se que a densidade ( $d$ ) do enxofre na forma gasosa, na temperatura de  $500\text{ }^\circ\text{C}$  e pressão de  $0,888\text{ atm}$ , é  $3,710\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ , é correto dizer que a fórmula da molécula de enxofre nessas condições é

**Dados:**  $R = 0,082\text{ L}\cdot\text{atm}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ ; massa molar do  $S = 32\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

- a)  $S_2$
- b)  $S_4$
- c)  $S_6$
- d)  $S_8$
- e)  $S_9$

11. **UPE** – Dois chumaços de algodão, I e II, embebidos com soluções de ácido clorídrico,  $\text{HCl}$ , e amônia,  $\text{NH}_3$ , respectivamente, são colocados nas extremidades de um tubo de vidro mantido fixo na horizontal por um suporte, conforme representação a seguir. Após um certo tempo, um anel branco, III, forma-se próximo ao chumaço de algodão I.



Baseando-se nessas informações e no esquema experimental, analise as seguintes afirmações:

- I. O anel branco forma-se mais próximo do  $\text{HCl}$ , porque este é um ácido forte, e  $\text{NH}_3$  é uma base fraca.
- II. O anel branco formado é o  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sólido, resultado da reação química entre  $\text{HCl}$  e  $\text{NH}_3$  gasosos.
- III. O  $\text{HCl}$  é um gás mais leve que o  $\text{NH}_3$ , logo se movimenta mais lentamente, por isso o anel branco está mais próximo do ácido clorídrico.

**Dados:** Massas molares:  $\text{H} = 1\text{ g/mol}$ ;  $\text{N} = 14\text{ g/mol}$ ;  $\text{Cl} = 35,5\text{ g/mol}$

Está correto o que se afirma em

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

### 12. Uneb-BA

Em média, os seres humanos respiram automaticamente 12 vezes por minuto e esse ciclo, em conjunto com os batimentos cardíacos, é um dos dois ritmos biológicos vitais. O cérebro ajusta a cadência da respiração às necessidades do corpo sem nenhum esforço consciente. Mas o ser humano tem a capacidade de deliberadamente prender a respiração por curtos períodos. Essa capacidade é valiosa quando se precisa evitar que água ou poeira invadam os pulmões, estabilizar o tórax antes do esforço muscular e aumentar o fôlego quando necessário para se falar sem pausas.

Muito antes que a falta de oxigênio ou o excesso de dióxido de carbono possa danificar o cérebro, algum mecanismo, aparentemente, leva ao ponto de ruptura, além do qual se precisa desesperadamente de ar. Uma explicação

lógica hipotética para o ponto de ruptura é que sensores especiais do corpo analisam alterações fisiológicas associadas ao inspirar e expirar antes que o cérebro apague.

O ponto de ruptura é o momento exato em que uma pessoa em apneia precisa desesperadamente de ar. O treinamento da apneia pode ampliá-la, assim como a meditação, que inunda o corpo com oxigênio, eliminando o dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ .

PARKES. 2013. p. 22-27. Adaptado.

Considerando-se que no ponto de ruptura, momento exato em que uma pessoa em apneia precisa desesperadamente de ar, a composição média em volume do ar expirado pelos pulmões, ao nível do mar, é de 80% de nitrogênio,  $\text{N}_{2(\text{g})}$ , 15% de oxigênio,  $\text{O}_{2(\text{g})}$  e 5% de dióxido de carbono,  $\text{CO}_{2(\text{g})}$ , é correto afirmar:

- a) A fração em mol do  $\text{CO}_{2(\text{g})}$  é 2,20.
- b) O volume parcial do nitrogênio é 17,92 L.
- c) A pressão parcial do oxigênio é igual a 114 mmHg.
- d) O  $\text{CO}_{2(\text{g})}$  é essencial à manutenção do estado de consciência.
- e) O metabolismo celular deixa completamente de produzir energia, durante o estado meditativo.

13. **Acafe-SC** – Fundamentado nos conceitos sobre os gases, analise as afirmações a seguir.

- I. Doze gramas de gás hélio ocupam o mesmo volume que 48 g de gás metano, ambos nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP).
- II. Em um sistema fechado, para proporcionar um aumento na pressão de uma amostra de gás numa transformação isotérmica, é necessário diminuir o volume desse gás.
- III. Em um recipiente fechado, existe 1 mol do gás A mais uma certa quantidade em mol do gás B, sendo que a pressão total no interior do recipiente é 6 atm. Se a pressão parcial do gás A no interior do recipiente é 2 atm, a quantidade do gás B é 3 mols.

**Dados:**  $\text{H} = 1\text{ g/mol}$ ;  $\text{He} = 4\text{ g/mol}$ ;  $\text{C} = 12\text{ g/mol}$

Assinale a alternativa correta.

- a) Todas as afirmações estão corretas.
- b) Todas as afirmações estão incorretas.
- c) Apenas as afirmações I e II estão corretas.
- d) Apenas a afirmação I está correta.

14. **UFPE (adaptado)** – O metano ( $\text{CH}_4$ , massa molar  $16\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) é considerado um gás estufa, pois pode contribuir para aumentar a temperatura da atmosfera, que, por sua vez, é composta praticamente por 75% em massa de dinitrogênio ( $\text{N}_2$ , massa molar  $28\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) e 25% em massa de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ , massa molar  $44\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ). Considerando gases ideais na mesma temperatura, analise as proposições a seguir e classifique-as em verdadeiras **V** ou falsas **F**.

- a) ( ) A uma mesma pressão, 16 g de  $\text{CH}_4$  ocupa o mesmo volume que 28 g de  $\text{N}_2$ .
- b) ( ) Na atmosfera, a pressão parcial de  $\text{N}_2$  é três vezes menor que a pressão parcial de  $\text{O}_2$ .
- c) ( ) Num recipiente com volume constante contendo a mesma massa de  $\text{CH}_4$  e de  $\text{O}_2$ , a pressão parcial de  $\text{CH}_4$  é duas vezes maior que a pressão parcial de  $\text{O}_2$ .

**15. UFPR** – Em um depósito, há três cilindros idênticos de gás numa mesma temperatura, e cada cilindro possui um rótulo com as seguintes informações:

|            |               |               |                |
|------------|---------------|---------------|----------------|
| Cilindro 1 | 7 g de $N_2$  | 16 g de $O_2$ | 6 g de He      |
| Cilindro 2 | 14 g de $N_2$ | 8 g de $O_2$  | 13 g de $CO_2$ |
| Cilindro 3 | 8 g de $CH_4$ | 13 g de $O_2$ | 4 g de $H_2$   |

**Dados:** Massa Molar (g/mol): H = 1,008; He = 4,003; C = 12,01; N = 14,007; O = 15,999

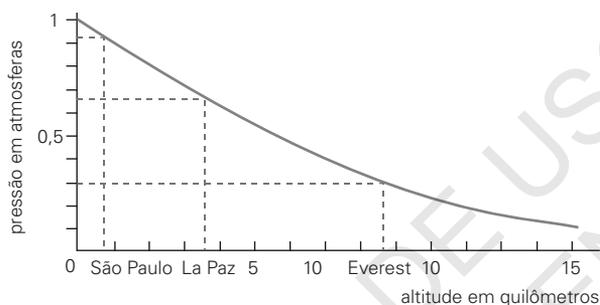
Com base nesse quadro, considere as seguintes afirmativas:

- O cilindro 1 apresenta a maior pressão parcial de  $O_2$ .
- O cilindro 2 apresenta a menor pressão parcial de  $N_2$ .
- O cilindro 3 apresenta a menor pressão parcial de  $O_2$ .
- O cilindro 3 apresenta a maior pressão total.

Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas 1 e 4 estão corretas.
- Somente as afirmativas 2 e 3 estão corretas.
- Somente as afirmativas 1, 2 e 4 estão corretas.
- Somente as afirmativas 2, 3 e 4 estão corretas.
- As afirmativas 1, 2, 3 e 4 estão corretas.

**16. UFTM-MG** – Considere o gráfico, que relaciona a pressão atmosférica com a altitude.



Disponível em: [www.uenf.br](http://www.uenf.br).

- Considerando que a composição do ar se mantenha constante com a altitude e que o ar tenha comportamento de gás ideal, calcule o valor aproximado do quociente:

$$\frac{\text{(densidade do ar a } 10^\circ\text{C em São Paulo)}}{\text{(densidade do ar a } 10^\circ\text{C em La Paz)}}$$

Mostre como obteve esse valor.

- Considere duas garrafas contendo água mineral, proveniente de mesma fonte e à mesma temperatura, gaseificada artificialmente com gás carbônico,  $CO_2$ . Uma dessas garrafas foi aberta em Aracaju (SE), cidade localizada no nível do mar, e a outra foi aberta em Ouro Preto (MG), cidade localizada em região serrana. Indique se a concentração de  $CO_2$  dissolvido na água da garrafa aberta em Aracaju é maior, menor ou igual à concentração desse gás na água da garrafa aberta em Ouro Preto. Justifique sua resposta.

**17. UFPR** – Mergulhadores que utilizam cilindros de ar estão sujeitos a sofrer o efeito chamado "narcose pelo nitrogênio" (ou "embriaguez das profundezas"). Devido à elevada pressão parcial do nitrogênio na profundidade das águas durante o mergulho, esse gás inerte se difunde no organismo e atinge o sistema nervoso, causando efeito similar à embriaguez pelo álcool ou narcose por gases anestésicos. A intensidade desse efeito varia de indivíduo para indivíduo, mas, em geral, começa a surgir por volta de 30 m de profundidade. No mergulho, a cada 10 m de profundidade, aproximadamente 1 atm é acrescida à pressão atmosférica. A composição do ar presente no cilindro é a mesma da atmosférica e pode ser considerada como 80% de  $N_2$  e 20% de  $O_2$ .

**Dados:**  $R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

- Um mergulhador está numa profundidade de 30 m. Qual é a pressão total a que esse mergulhador está submetido?
- Calcule a pressão parcial de  $N_2$  inspirada pelo mergulhador que utiliza o cilindro a 30 m de profundidade.

- c) Considere um mergulhador profissional que possui uma capacidade pulmonar de 6 litros. Calcule a quantidade de matéria de  $N_2$  na condição de pulmões totalmente cheios de ar quando o mergulhador está a 30 m de profundidade e à temperatura de 298 K (25 °C).

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. UECE

C7-H24

Em alguns casos, há necessidade de coletar-se o produto de uma reação sob a água para evitar que ele escape e misture-se com o ar atmosférico. Uma amostra de 500 mL de oxigênio foi coletada sob a água a 23 °C e pressão de 1 atm. Sabendo-se que a pressão de vapor-d'água a 23 °C é 0,028 atm, o volume que o  $O_2$  seco ocupará naquelas condições de temperatura e pressão será

- a) 243,0 mL.
- b) 486,0 mL.
- c) 364,5 mL.
- d) 729,0 mL.

### 19. IME-RJ

C7-H24

Um tambor selado contém ar seco e uma quantidade muito pequena de acetona líquida em equilíbrio dinâmico com a fase vapor. A pressão parcial da acetona é de 180,0 mmHg e a pressão total no tambor é de 760,0 mmHg.

Em uma queda durante seu transporte, o tambor foi danificado e seu volume interno diminuiu para 80% do volume inicial, sem que tenha havido vazamento. Considerando-se que a temperatura tenha se mantido estável a 20 °C, conclui-se que a pressão total após a queda é de

- a) 950,0 mmHg.
- b) 1 175,0 mmHg.
- c) 760,0 mmHg.
- d) 832,0 mmHg.
- e) 905,0 mmHg.

### 20. UECE

C7-H24

Nas mesmas condições de pressão e temperatura, um gás X atravessa um pequeno orifício com velocidade três vezes menor que a do hélio. A massa molecular do gás X é

- a) 30
- b) 32
- c) 36
- d) 40
- e) 45

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO



SCIENCE FACTION/SCIENCE FACTION/LATINSTOCK

# QUÍMICA 2

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

MATERIAL EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## 1

# SUBSTÂNCIAS PURAS, MISTURAS E SEPARAÇÃO DE MISTURAS HETEROGÊNEAS

- Propriedades físicas da matéria
- Estados físicos da matéria
- Tipos de substâncias
- Mistura
- Sistemas
- Separação de misturas heterogêneas

## HABILIDADES:

- Caracterizar os estados físicos e as mudanças de fase dos materiais por meio do modelo cinético molecular, em termos da energia das partículas.
- Usar o modelo de partículas para interpretar e explicar os estados físicos da matéria e suas mudanças.
- Diferenciar misturas de substâncias com base na análise das propriedades específicas dos materiais.
- Desenvolver a capacidade de interpretação de gráficos e tabelas com dados referentes às propriedades estudadas.
- Conhecer os processos de separação de misturas heterogêneas e sua importância prática.
- Perceber que, às vezes, uma mistura pode ser separada por vários processos, porém um deles é mais importante do ponto de vista da praticidade.

## Conceitos iniciais

Todo material apresenta características que definem seu comportamento e suas aplicações. Essas características, como as temperaturas de fusão e de ebulição, a densidade, entre outras, são denominadas propriedades da matéria.

Essas propriedades podem sofrer ações externas e, assim, alterar seu modo de apresentação. Dessa maneira, todos os compostos podem passar por transformações que denominamos fenômenos.

Os **fenômenos podem ser físicos** — que não alteram a estrutura da matéria — ou **químicos** — que alteram a estrutura da matéria.

Denomina-se matéria tudo o que possui massa, ocupa lugar no espaço e pode ser mensurado. Madeira, alumínio, ferro, água, ouro são exemplos de matéria. Um corpo é definido como uma porção limitada da matéria. Quando ele possui uma utilidade, é chamado de objeto. Por exemplo: minério de ouro é matéria, barra de ouro é um corpo, e aliança, um objeto.

| Matéria: Tudo o que tem massa e ocupa lugar no espaço, ou seja, possui volume.                               | Corpo: porção limitada da matéria.   | Objeto: corpo que apresenta utilidade.   |
|--|--|--|
|  ELI MAIER / SHUTTERSTOCK |  SIMONE VOIGT / SHUTTERSTOCK |  MURIKA/123RF.COM |

## Propriedades físicas da matéria

A natureza da matéria pode ser identificada por propriedades físicas, como densidade, temperatura de fusão e temperatura de ebulição. Elas não dependem da presença de nenhuma outra substância.

### DENSIDADE

É uma das propriedades físicas mais importantes e de fácil medição. Essa propriedade é amplamente utilizada para identificar substâncias puras e para caracterizar e estimar a composição de vários tipos de misturas.

É uma propriedade da matéria que relaciona uma determinada quantidade de matéria por unidade de volume à temperatura e pressão constantes. Por exemplo, densidades a 20 °C de alguns metais.

A densidade pode ser calculada pela seguinte relação matemática:  $d = \frac{m}{v}$

Sendo:

m = massa da substância (em g)

V = volume da substância (em cm<sup>3</sup>)

d = densidade (em g/cm<sup>3</sup> ou em g/mL)

| Metal    | Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------|--------------------------------|
| Alumínio | 2,7                            |
| Chumbo   | 11,3                           |
| Cobre    | 8,9                            |
| Estanho  | 7,2                            |
| Ferro    | 7,8                            |
| Magnésio | 1,7                            |
| Mercúrio | 13,5                           |
| Níquel   | 8,9                            |
| Ouro     | 19,3                           |
| Platina  | 21,4                           |

## TEMPERATURA DE FUSÃO

Temperatura na qual ocorre a passagem do estado sólido para o estado líquido, à pressão constante.

### Observação

A temperatura de fusão é igual à temperatura de solidificação; a fusão ocorre durante o aquecimento da matéria, enquanto a solidificação ocorre durante o resfriamento da matéria, ou seja, na temperatura de fusão, as fases sólida e líquida existem em equilíbrio.

## TEMPERATURA DE EBULIÇÃO

Temperatura na qual ocorre a passagem do estado líquido para o estado de vapor.

### Observação

A temperatura de ebulição é igual à temperatura de condensação; a ebulição ocorre durante o aquecimento da matéria, enquanto a condensação ocorre durante o resfriamento da matéria.

## Estados físicos da matéria

Macroscopicamente, as substâncias apresentam-se de diferentes maneiras em relação ao seu aspecto, à forma de apresentação e até ao volume, dependendo da pressão imprimida e da temperatura do sistema.

Para abrir uma lata de refrigerante, puxamos uma tampa de metal **sólida**. Colocando esse **líquido** em um copo, forma-se um conjunto de bolhas de **gás**.

## ESTADO SÓLIDO

As substâncias que se encontram no estado sólido têm forma própria e seu volume não varia consideravelmente com mudanças de pressão e temperatura. Pode-se afirmar, portanto, que seu volume independe do espaço disponível pelo recipiente que as contém. No estado sólido, as moléculas estão unidas fortemente. As forças de atração entre elas são muito fortes. Nesse estado, as moléculas movem-se umas sobre as outras lentamente.

## ESTADO LÍQUIDO

As partículas que constituem o estado líquido não estão unidas fortemente, visto que deslizam umas sobre as outras, adaptando-se à forma do recipiente que as contém. Entretanto, essas forças de atração entre as partículas são suficientemente fortes para que não sofram variações no volume em decorrência da mudança de recipiente. Considera-se, também, que as partículas de um líquido dificilmente podem ser comprimidas.

## ESTADO GASOSO

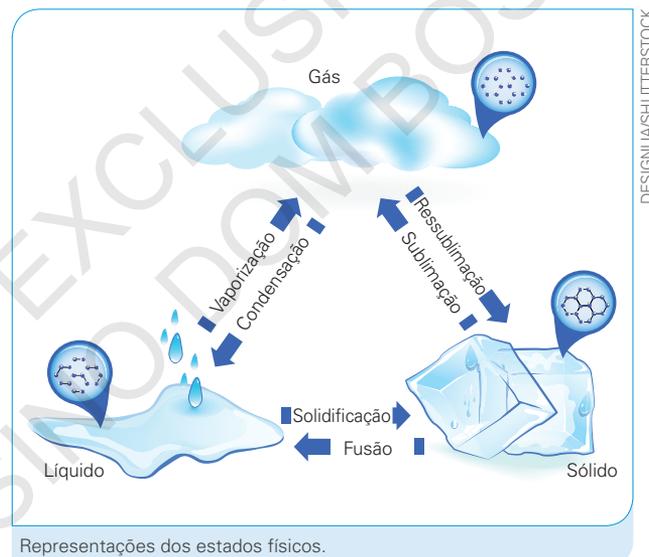
As substâncias apresentam densidade muito menor que a dos sólidos e a dos líquidos, ocupando todo o volume disponível, podendo ser expandidas inde-

finidamente. Também são comprimidas com grande facilidade. Esse comportamento pode ser explicado pelas forças de atração entre as partículas, que são muito fracas, promovendo, assim, uma grande mobilidade delas. Desse modo, apresentam sempre a forma e o volume do recipiente que as contém.

## MUDANÇAS DE ESTADOS FÍSICOS

As mudanças de estados físicos da matéria ocorrem com a variação da temperatura ou da pressão. Elas são caracterizadas como fenômenos físicos, já que não há alteração química na matéria.

Observe, no esquema a seguir, as mudanças de estado físico que uma substância pode sofrer. Perceba que as mudanças opostas ocorrem à mesma temperatura.



- Evaporação — é uma vaporização lenta e superficial do sistema. Pode ocorrer sem aquecimento, em razão da baixa umidade do ar ambiente.
- Ebulição — é uma vaporização violenta, em que todas as moléculas do sistema estão na temperatura de ebulição, criando uma situação de fervura (com formação característica de bolhas).
- Calefação — é uma vaporização intensa, quase instantânea. Ocorre quando pouca quantidade de líquido está sob forte e intensa fonte de calor.
- Sublimação — é a passagem do estado sólido diretamente para o estado gasoso e também a passagem do estado gasoso para o sólido. O processo inverso era, no passado, denominado ressublimação.

## Contextualizando

O estado físico de uma substância é determinado pela temperatura e pressão.

O diagrama de fases de uma substância descreve exatamente o comportamento de tal substância frente à variação dos parâmetros temperatura e pressão.

A seguir, temos o exemplo do diagrama de fases da água.

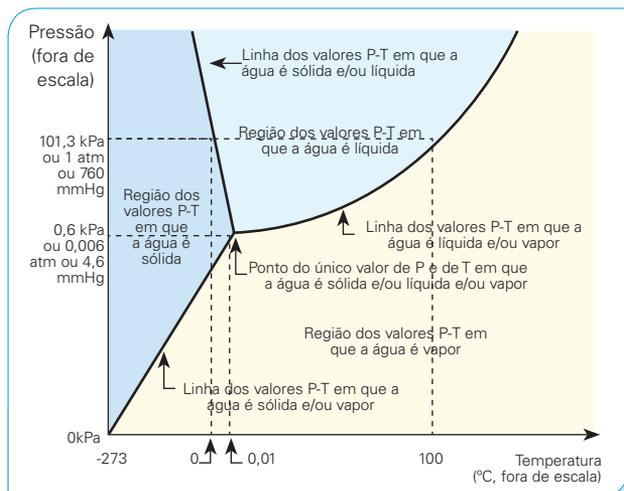


Diagrama de fases da água.

## Tipos de substâncias

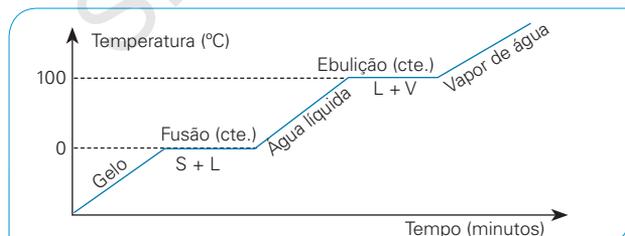
Relativamente, não há uma grande quantidade de elementos químicos diferentes na natureza. Por que, então, encontramos uma variedade tão grande de materiais? Porque os diferentes tipos de átomos podem se reunir, formando uma infinidade de agrupamentos diferentes. Cada agrupamento, que mantém uma formação constante, é classificado como substância. Portanto, substância é uma quantidade de moléculas iguais ou diferentes. Há dois tipos de substâncias: a **substância pura** e a **mistura**.

### SUBSTÂNCIA PURA

Em várias situações do nosso dia a dia, usamos o adjetivo “puro”. Por exemplo: respirar ar puro, beber água pura, malha de pura lã etc. No caso do ar e da água, queremos dizer “sem substâncias prejudiciais à saúde”; no da lã, que a malha não possui fibras sintéticas.

Qual o significado desse adjetivo para um químico? Para ele, uma substância é pura quando ela apresenta unidades estruturais iguais, ou, ainda, é definida como todo sistema constituído por moléculas iguais. Assim, qualquer amostra de substância pura analisada apresenta valores constantes para suas temperaturas de fusão e de ebulição e também para a sua densidade e composição química. Com isso, à pressão constante, as mudanças de estado físico para uma substância pura ocorrem sem alteração de temperatura durante a transformação.

As transformações de estado para substâncias puras ocorrem a temperaturas e pressões constantes. Observe o gráfico a seguir da transformação de fase da água.



Curva de aquecimento da água à pressão constante.

Se uma substância é encontrada em um único estado físico, o sistema é homogêneo. Contudo, nos momentos de mudança de estado físico (em que a temperatura é constante — patamar), percebe-se que o sistema é heterogêneo. Tomemos como exemplo a água. O sistema água é substância pura, pois possui T.F. e T.E. constantes. É homogêneo, pois apresenta as mesmas propriedades em toda a sua extensão. No entanto, se for encontrada em mais de um estado físico (água e gelo, por exemplo, já que gelo e água possuem superfície de separação, o que indica mudança de fase), o sistema será heterogêneo. As substâncias puras podem ser divididas em substância pura simples e pura composta.

### Substância pura simples

Nessa classificação, além de as moléculas serem iguais, todos os átomos também serão iguais, não podendo, portanto, haver decomposição em outras espécies de matéria. Observemos o gás oxigênio ( $O_2$ ). Ele é formado unicamente por átomos de oxigênio. Outros exemplos: gás nitrogênio ( $N_2$ ), gás hidrogênio ( $H_2$ ), um cubo de ferro formado somente por átomos de ferro.

### Substância pura composta

Apesar de conter átomos diferentes em sua constituição, as moléculas são todas iguais e podem ser decompostas, dando origem a outras espécies mais simples de matéria. Assim, por exemplo, a água pode ser decomposta em gás hidrogênio ( $H_2$ ) e gás oxigênio ( $O_2$ ). Outros exemplos: glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ) decomposta em carbono, hidrogênio e oxigênio; amônia ( $NH_3$ ) decomposta em nitrogênio e oxigênio etc.

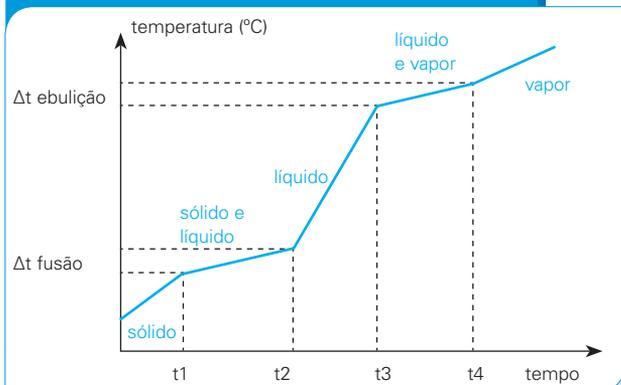
## MISTURA

Quando um sistema é constituído por uma reunião de moléculas diferentes (vários componentes), temos uma mistura que, ao ser analisada, sua temperatura de fusão e/ou ebulição e sua composição, além da densidade, apresentam-se como propriedades variáveis. Veja alguns exemplos na tabela a seguir.

| Mistura       | Componentes principais                  |
|---------------|---|
| Ar            | Gases nitrogênio e oxigênio             |
| Vinagre       | Água e ácido acético                    |
| Bronze        | Cobre e estanho                         |
| Latão         | Cobre e zinco                           |
| Ouro de joias | Ouro e vários metais (cobre, prata etc) |
| Aço           | Ferro e carbono                         |
| Solda comum   | Chumbo e estanho                        |
| Amálgama      | Mercúrio e outros metais                |

Com isso, as transformações de estado físico para uma mistura, sob pressão constante, ocorrem em função do tempo e da temperatura durante a mudança de estado. No gráfico a seguir, nota-se que não existem patamares que indiquem que a mudança de estado físico ocorreu sob temperatura constante.

### Curva de aquecimento da água à pressão constante.



Curva de aquecimento de uma mistura.

Conclui-se, então, que tanto a fusão/solidificação quanto a ebulição/condensação ocorrem ao longo de um intervalo com variação de temperatura.

Observe, no quadro a seguir, as principais características que permitem comparar substâncias puras a misturas.

|                                 | Substância pura   | Mistura   |
|---------------------------------|---|---|
| Temperatura de fusão            | Constante   | Não é constante.                                      |
| Temperatura de ebulição         | Constante   | Não é constante.                                      |
| Composição                      | Constante   | Variável  |
| Densidade                       | Constante a dada temperatura  | Variável  |
| Estrutura microscópica          | Possui unidades estruturais iguais, que se repetem em qualquer estado físico. | Apresenta mistura de diferentes unidades estruturais. |
| Possuem fórmula característica? | Sim   | Não   |

### Mistura homogênea ou solução

Caracteriza-se por ser visualmente uniforme. Essa mistura apresenta as mesmas propriedades físicas e a mesma composição química em toda a sua extensão. Apresenta um aspecto visual único (uma única fase – monofásico), por exemplo, a salmoura. O sistema água + sal dissolvido é uma mistura, pois a temperatura varia durante a fusão e a ebulição. É homogêneo, pois apresenta as mesmas propriedades em toda a sua extensão. O mesmo ocorre para as misturas água e álcool e ouro 18 k (75% de ouro e 25% de cobre), água natural (contém sais dissolvidos), pólvora (mistura de sólidos, enxofre, nitrato de sódio e carvão vegetal), o ar, vinagre etc.

### Mistura heterogênea

Caracteriza-se por apresentar superfície de separação com duas ou mais fases. Logo, não apresenta as mesmas propriedades em toda a sua extensão. Observe que o sistema água, óleo e areia é uma mistura heterogênea, pois há mudanças nas propriedades ao longo de sua extensão.

**Fase** é cada aspecto, cada extensão do sistema que apresenta as mesmas propriedades.

Existem exemplos de misturas heterogêneas em que o número de fases é diferente do número de componentes.



Sistema heterogêneo (3 fases).

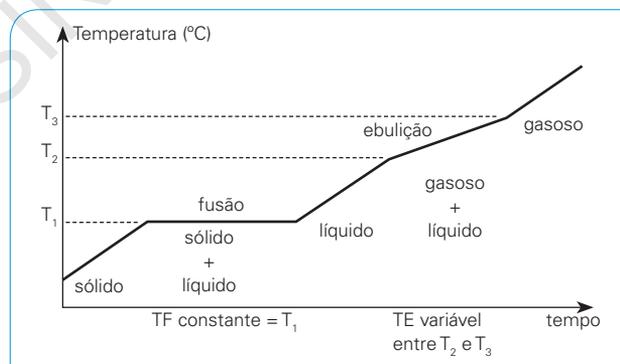
Nesse sistema, há dois componentes (água e óleo) e 3 fases (água líquida, água sólida e óleo).

### Observação

Importante saber que existem misturas que, durante uma das mudanças de estado, comportam-se como substâncias puras. São as misturas eutéticas e azeotrópicas.

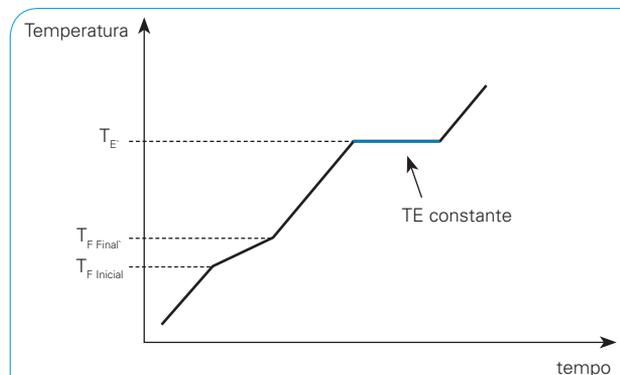
### Mistura eutética

Apresenta temperatura de fusão constante e temperatura de ebulição variável. Por exemplo, algumas ligas metálicas, como a solda usada em eletrônica (37% de chumbo e 63% de estanho). Observe, no gráfico a seguir, a existência de um patamar, temperatura constante, durante a temperatura de fusão.



### Mistura azeotrópica

Apresenta temperatura de fusão variável e temperatura de ebulição constante. Por exemplo, água e álcool na proporção 4% de água e 96% de álcool (álcool 96 °GL).



## Sistemas

Trata-se de uma porção da matéria considerada como o universo específico para análise, sendo então submetida a estudo (investigação) e podendo ser constituída por uma única substância (pura) ou por várias ao mesmo tempo (mistura). Os sistemas podem ser homogêneos ou heterogêneos.

### SISTEMA HOMOGÊNEO

É visualmente uniforme em toda a sua extensão, não apresentando superfície de separação. É constituído por uma única fase (encontram-se as mesmas propriedades em todos os pontos da extensão do volume). Um sistema homogêneo pode ser uma substância pura ou uma mistura homogênea.

#### Exemplos

Água pura – substância pura

Água com sal totalmente dissolvido – mistura homogênea (solução)

### SISTEMA HETEROGÊNEO

Não apresenta uniformidade visual, caracterizando-se por apresentar superfície de separação. Dessa forma, possui mais de uma fase (encontram-se duas ou mais propriedades em todos os pontos da extensão do volume). Sistemas heterogêneos podem ser substâncias puras em processo de mudança de fase ou misturas heterogêneas.

#### Exemplos

O sistema água e gelo é classificado como substância pura, pois é constituído pelo mesmo tipo de molécula. No entanto, apresenta duas fases.

O sistema água e óleo é classificado como mistura, pois é constituído por tipos diferentes de substância, sendo considerado heterogêneo, pois não apresenta as mesmas propriedades em toda a sua extensão.

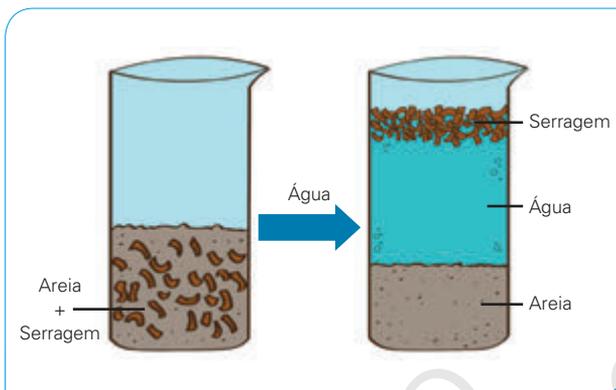
## SEPARAÇÃO DE MISTURAS

### Separação de misturas heterogêneas

As separações de misturas são realizadas por meio de uma série de técnicas que, no conjunto, constituem as **análises imediatas**. Dentre os processos de separação, os mais usados são apresentados a seguir.

#### FLOTAÇÃO

Processo usado para separar as fases da mistura entre dois sólidos com densidades diferentes. Consiste em adicionar à mistura a ser desdobrada um líquido que não reaja e não dissolva nenhum dos componentes a separar e, mais importante, que apresente densidade intermediária à deles. O sólido menos denso flutua, o que permite a sua separação.



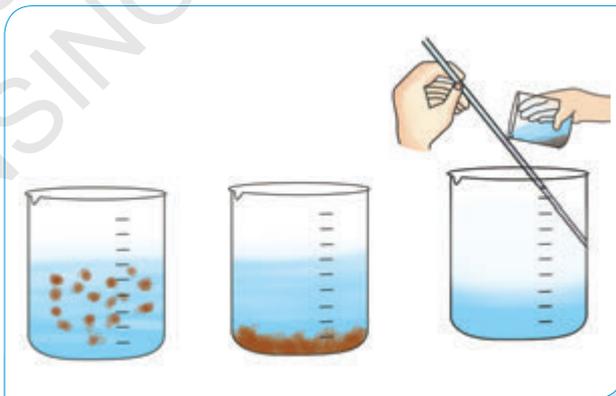
No recipiente à esquerda, há uma mistura de areia com serragem; no da direita, há a água, como líquido com densidade intermediária, mais densa que a serragem e menos densa do que a areia, que se deposita no fundo do recipiente. A serragem, menos densa do que a água, fica como sobrenadante.

### DECANTAÇÃO

É o processo usado para separar as fases de misturas heterogêneas pela ação da gravidade, já que as fases apresentam densidades diferentes.

#### Sólido e líquido

Quando a água barrenta é colocada em repouso, a terra tende a se depositar no fundo do recipiente. Em seguida, inclina-se o frasco para retirar o líquido, deixando-o escorrer lentamente em um bastão de vidro.



Decantação da terra em água.

Às vezes, as partículas sólidas em um líquido são muito pequenas e podem passar através de um papel de filtro. Para tais partículas, a técnica de filtração não pode ser utilizada para a separação. Tais misturas são separadas por centrifugação.

A centrifugação é fundamentada no tamanho, na forma e na densidade das partículas, na viscosidade do meio e na velocidade de rotação. O princípio é que as partículas mais densas são forçadas para o fundo e as partículas mais leves permanecem na parte superior quando giradas rapidamente.

Por exemplo, a parte sólida do sangue (hemácias, plaquetas e glóbulos brancos) é separada da parte líquida (soro ou plasma) com a utilização de centrifugas. Nelas, o sangue gira em alta velocidade, e o material mais denso se deposita rapidamente.

## Líquido e líquido

Observe o exemplo da mistura água e óleo. Para separar (decantar) dois ou mais líquidos imiscíveis de densidades diferentes, utiliza-se o funil de decantação ou funil de bromo ou ainda funil de separação. A mistura é deixada em repouso dentro do funil. O líquido que possui maior densidade forma a camada inferior e o líquido com a menor densidade forma a camada superior. Em seguida, a torneira é aberta, deixando escoar o líquido de maior densidade. Quando a superfície de separação atinge a torneira, esta é fechada, separando, assim, as duas fases.



No laboratório, funis de decantação são muito usados para separar líquidos imiscíveis.

## FILTRAÇÃO

É o processo de separação das fases de uma mistura heterogênea (sólido-líquido ou sólido-gasoso) por meio de uma superfície porosa denominada filtro. Este retém a fase sólida em sua superfície, permitindo a passagem somente da fase líquida ou gasosa. Os filtros podem ser variados: papel (como nos filtros para café), algodão, areia, porcelana porosa (como as velas de filtros caseiros).

## FILTRAÇÃO SIMPLES

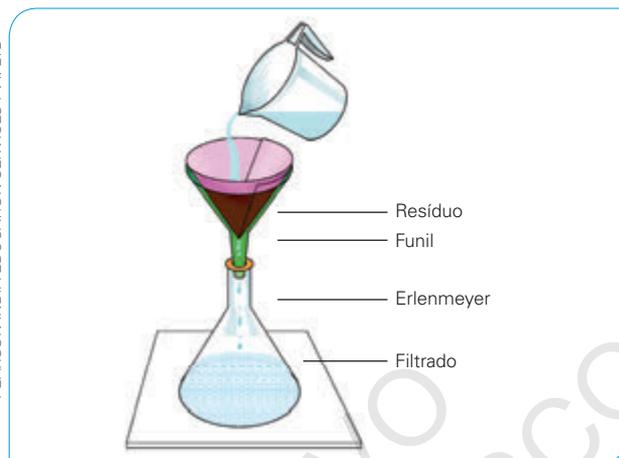
### Sólido e gás

A mistura é lançada sobre um filtro (por sucção), que permite somente a passagem do componente gasoso. Um exemplo é o aspirador de pó: o motor aspira o ar com a poeira, dirigindo-o para um filtro que retém as partículas sólidas; do outro lado do aparelho, o ar filtrado sai sem o componente sólido.

### Sólido e líquido

A mistura é passada por materiais capazes de reter o componente sólido (resíduo) e deixar passar o componente líquido (filtrado).

MOHAMMED ALI / PEARSON INDIA EDUCATION SERVICES PVT. LTD



## FILTRAÇÃO A VÁCUO

No caso de misturas viscosas de sólidos e líquidos, como “farinha empapada em água,” pode-se empregar uma técnica especial: a filtração a baixa pressão ou “filtração a vácuo.” Essa técnica é utilizada para acelerar o processo de filtração. A trompa-d’água (ou uma bomba de vácuo) produz diminuição da pressão do ar no interior do kitassato, fazendo com que o líquido do funil de Büchner seja sugado. Este atravessa rapidamente o papel de filtro.



Separação de mistura a vácuo.

## SEPARAÇÃO MAGNÉTICA

É o processo utilizado para separar misturas sólido-sólido, quando um dos componentes é atraído por um ímã. Algumas indústrias alimentícias usam-na para retirar eventuais resíduos sólidos de ferro de grãos de arroz, de feijão e de farinha. Um exemplo clássico para esse processo é a separação da mistura de limalha de ferro e enxofre.

## DISSOLUÇÃO FRACIONADA

É um processo de separação utilizado para separar dois ou mais sólidos. Consiste em tratar a mistura com um solvente que dissolva apenas um dos componentes; em seguida, filtra-se e, por evaporação do solvente e recupera-se o componente sólido dissolvido.

**Exemplo:** mistura de sal e areia

- Dissolução – solubilização do sal
- Filtração – isolamento da areia
- Vaporização – isolamento do sal

# ROTEIRO DE AULA

## Substâncias puras e misturas

### Substância pura

Simples

Sistema monofásico formado por um único elemento

Composta

Formada por dois ou mais elementos

Temperatura de fusão e ebulição constante

Homogênea (solução)

Heterogênea

### Mistura

Temperatura de fusão e ebulição variável

Temperatura de fusão constante e temperatura de ebulição variável

Mistura eutética

Temperatura de fusão variável e temperatura de ebulição constante

Mistura azeotrópica

Sólido

Líquido

gasoso

### Estados físicos da matéria

Mudanças de estados físicos

Sólido  $\rightleftharpoons$  Líquido

fusão/solidificação

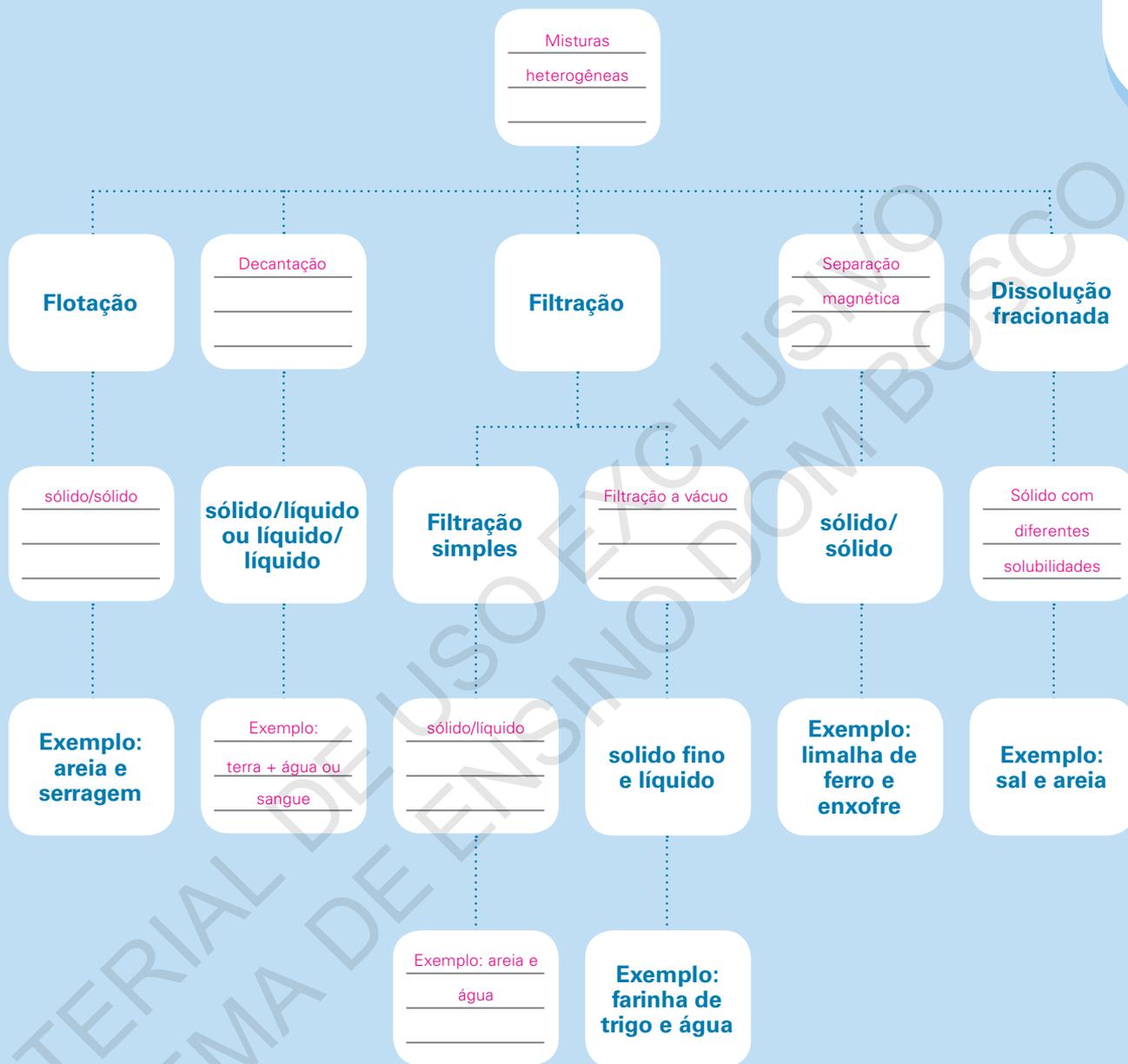
Líquido  $\rightleftharpoons$  gasoso

Ebulição/condensação

Sólido  $\rightleftharpoons$  gasoso

Sublimação

# ROTEIRO DE AULA



MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

## 1. CPS-SP

A natureza apresenta diversas substâncias importantes para o dia a dia do ser humano. Porém, a grande maioria dessas substâncias encontra-se na forma de misturas homogêneas ou heterogêneas. Por essa razão, ao longo dos anos, várias técnicas de separação de misturas foram desenvolvidas para que a utilização de toda e qualquer substância fosse possível.

Disponível em: <<https://tinyurl.com/y8j567ag>> Acesso em: 10 nov. 2017.

Um procedimento que permite separar, sem o uso de qualquer fonte de calor, uma mistura de água e óleo de cozinha é a

- a) decantação.
- b) sublimação.
- c) peneiração.
- d) destilação.
- e) filtração

A decantação permite a separação de duas fases líquidas.

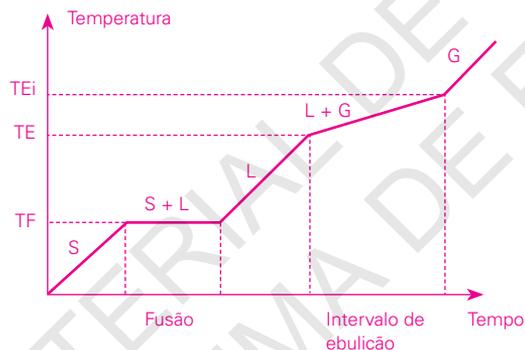
Exemplo: água + óleo de cozinha

**2. UEFS-BA (adaptado)** – Considere uma amostra sólida que apresenta temperatura de fusão constante e coloração amarela uniforme. Dissolve somente parte do sólido com adição de água e, após se fundir totalmente, com aquecimento contínuo, entra em ebulição com temperatura variável.

Com base nessa informação, é correto afirmar que

- a) essa amostra é uma substância pura.
- b) essa amostra é uma substância composta.
- c) essa amostra é uma mistura homogênea.
- d) essa amostra é uma substância pouco solúvel em água.
- e) ocorre a sublimação da substância nessa amostra, quando ela entra em ebulição.

De acordo com o enunciado, poderia se tratar de uma mistura eutética, que é homogênea.

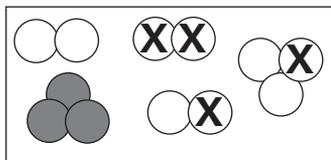


## 3. UFGD-MS

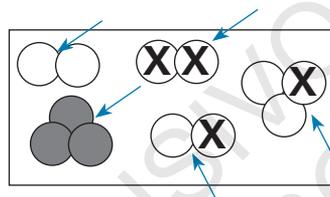
C5-H17

Os elementos químicos que estão representados na tabela periódica podem unir-se por meio de ligações químicas para formar diversas substâncias. Já as várias moléculas existentes podem ser chamadas de substâncias e classificadas como substâncias simples ou compostas.

No esquema a seguir, cada “bolinha” representa um átomo diferente. Conforme a representação na imagem da quantidade de moléculas, substâncias simples e substâncias compostas, assinale a alternativa correta.

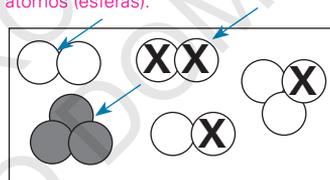


- a) Cinco moléculas, 12 substâncias simples e três substâncias compostas.
- b) Doze moléculas, cinco substâncias simples e três substâncias compostas.
- c) Cinco moléculas, três substâncias simples e duas substâncias compostas.
- d) Cinco moléculas, duas substâncias simples e três substâncias compostas.
- e) Doze moléculas, duas substâncias simples e três substâncias compostas.

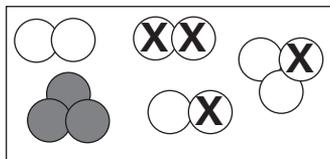


São cinco moléculas, pois é possível verificar na imagem que existem cinco grupos de átomos (molécula).

São três substâncias simples, porque há três moléculas formadas pelo mesmo tipo de átomos (esferas).



São duas substâncias compostas, porque existem duas moléculas formadas por tipos de átomos diferentes.



**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Diferenciar misturas de substâncias por meio de suas propriedades físicas e químicas, e substâncias simples de substâncias compostas por meio de análise de fórmulas moleculares.

**4. Fuvest-SP (adaptado)** – Cinco cremes dentais de diferentes marcas têm os mesmos componentes em suas formulações, diferindo, apenas, na porcentagem de água contida em cada um. A tabela a seguir apresenta massas e respectivos volumes (medidos a 25 °C) desses cremes dentais.

| Marca de creme dental | Massa (g) | Volume (mL) |
|-----------------------|-----------|-------------|
| A                     | 30        | 20          |
| B                     | 60        | 42          |
| C                     | 90        | 75          |
| D                     | 120       | 80          |
| E                     | 180       | 120         |

Supondo que a densidade desses cremes dentais varie apenas em função da porcentagem de água, em massa, contida em cada um, qual a marca que apresenta maior porcentagem de água em sua composição?

**Dado:** densidade da água (a 25 °C) = 1,0 g/mL.

Cálculo das densidades dos cremes dentais:

$$A = \frac{30\text{g}}{20\text{mL}} = 1,5\text{g/mL} \quad D = \frac{120\text{g}}{80\text{mL}} = 1,5\text{g/mL}$$

$$B = \frac{60\text{g}}{42\text{mL}} \approx 1,43\text{g/mL} \quad E = \frac{180\text{g}}{120\text{mL}} = 1,5\text{g/mL}$$

$$C = \frac{90\text{g}}{75\text{mL}} \approx 1,2\text{g/mL}$$

O aumento da porcentagem, em massa, de água provoca a diminuição da densidade do creme dental. Logo, o creme dental da marca C apresenta a maior porcentagem de água em sua composição.

**5. IFSC** – A água disponível nas torneiras de nossas casas e escolas é um bem finito e que não chega até lá espontaneamente. Ela precisa ser coletada, tratada e distribuída de forma correta para garantir sua qualidade. O tratamento da água é feito pela água doce encontrada na natureza, que contém resíduos orgânicos, sais dissolvidos, metais pesados, partículas em suspensão e micro-organismos. Por essa razão, a água é levada do manancial para a Estação de Tratamento de Água (ETA). Esse tratamento é dividido em várias etapas.

Sobre as etapas existentes no processo de tratamento de água, leia e analise as seguintes proposições e assinale a soma da(s) correta(s).

- 01)** Um das primeiras etapas é o peneiramento, que consiste na retirada dos poluentes maiores sem adição de reagentes químicos.
- 02)** A decantação ocorre como consequência do aumento do tamanho dos flocos de poluentes obtidos através da filtração da água.
- 04)** A coagulação é um fenômeno químico resultante da adição de coagulantes, tais como o sulfato de alumínio, que reage com a alcalinidade natural da água, formando uma base insolúvel que precipitará e carregará consigo outras impurezas.
- 08)** As pequenas impurezas que não precipitam após a coagulação podem ser removidas por filtração, que consiste em um processo puramente físico.
- 16)** O hipoclorito de sódio é utilizado para a desinfecção da água já tratada, visando remover os contaminantes biológicos.

Dê a soma da(s) proposição(ões) correta(s)

29 (01 + 04 + 08 + 16)

**01)** Correta. Um das primeiras etapas é o peneiramento; a água passa por um sistema de grades que impede a entrada de elementos macroscópicos grosseiros (animais mortos, folhas etc.) no sistema.

**02)** Incorreta. De acordo com os processos de tratamento da água, após a coagulação, ocorre o processo de floculação, em que a água se movimenta para que ocorra a aglutinação dos flocos, ganhando, assim, peso para se decantarem.

**04)** Correta. Nesta fase, é adicionado sulfato de alumínio, cloreto férrico ou outro coagulante, seguido de uma agitação violenta da água, para que ocorra uma reação química.

**08)** Correta. Logo após a etapa de floculação e decantação, as pequenas impurezas que não se precipitaram atravessam tanques formados por pedras, areia e carvão antracito (carvão ativado). Esse processo é conhecido como filtração.

**16)** Correta. O hipoclorito de sódio é utilizado para a desinfecção da água já tratada, visando remover os contaminantes biológicos.

**6. IFCE (adaptado)** – A química é a ciência que estuda a composição, a estrutura e a transformação da matéria. No meio em que vivemos, muitas vezes, a matéria apresenta-se como misturas e, para estudá-la ou utilizá-la, precisamos separá-la. Para isso, os químicos utilizam diferentes métodos de fracionamento. Sobre esses métodos de fracionamento, é correto afirmar que

- a)** água e óleo formam uma mistura heterogênea que pode ser separada por funil de transferência com auxílio de um papel de filtro.
- b)** o técnico responsável, em uma estação de tratamento de água, adiciona, em uma das etapas do tratamento, sulfato de alumínio, um agente coagulante que facilita a floculação de partículas suspensas na água, formando, assim, uma mistura homogênea.
- c)** água e sal formam uma mistura heterogênea que pode ser separada por filtração a vácuo.
- d)** a separação magnética pode ser utilizada para misturas sempre que estas contenham metais.
- e)** são utilizados para separar misturas heterogêneas: decantação, separação magnética e centrifugação.

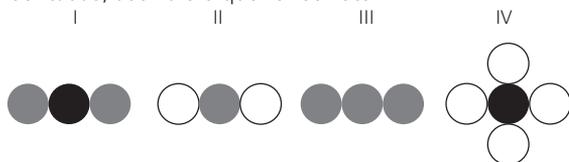
Tanto a decantação quanto a separação magnética e a centrifugação são processos de separação de misturas heterogêneas.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. Unespar-PR** – Numa aula de laboratório, o professor pediu para que cada subgrupo de alunos realizasse o seguinte procedimento: colocar 150 mL de água num béquer e, a este volume, colocar 1 (uma) colher rasa de terra, agitar durante um minuto e deixar o sistema em repouso. Os subgrupos verificaram que certa quantidade de material havia se depositado no fundo do recipiente. Indique, nas alternativas a seguir, o fenômeno que esses subgrupos presenciaram.

- a) Homogeneização                      d) Decantação  
b) Floculação                              e) Tamização  
c) Cristalização

**8. UEPG-PR** – Carbono, oxigênio e hidrogênio são elementos que se combinam para formar diversas substâncias químicas. No esquema a seguir, as esferas pretas representam o carbono, as cinzas, o oxigênio, e as brancas, o hidrogênio. Com relação às substâncias químicas representadas, assinale o que for correto.



- 01) Em I, está representado o  $\text{CO}_2$  e, em II, a  $\text{H}_2\text{O}$ .  
02) Na mistura de todas as substâncias, encontram-se quatro tipos de moléculas e três elementos químicos.  
04) Na mistura de I e III, encontram-se dois elementos químicos diferentes.  
08) Em IV, está representado um hidrocarboneto.  
16) Na mistura de II e IV, encontram-se dois tipos de moléculas e quatro tipos de átomos.

---

---

---

---

---

---

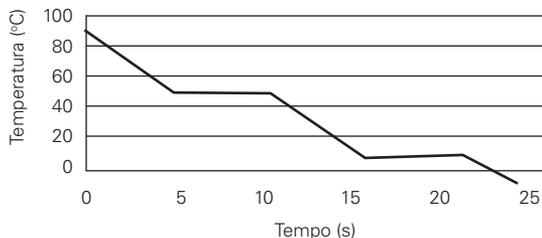
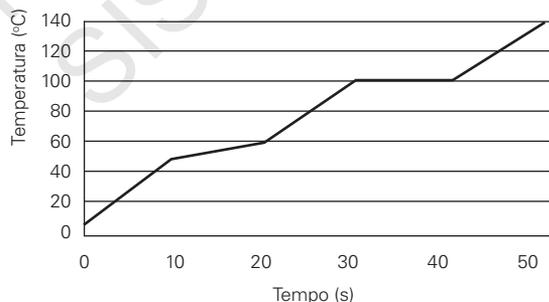
---

---

---

---

**9. Cefet-MG** – Observe os dois gráficos de variação da temperatura ao longo do tempo, disponibilizados a seguir:



Um dos gráficos corresponde ao perfil de uma substância pura e o outro, ao perfil de uma mistura.

O período de tempo que a substância pura permanece totalmente líquida e a temperatura de ebulição da mistura, respectivamente, são

- a) 5s e  $10^\circ\text{C}$                               c) 10s e  $50^\circ\text{C}$   
b) 5s e  $100^\circ\text{C}$                               d) 10s e  $60^\circ\text{C}$

**10. Udesc** – Em relação aos estados físicos da matéria, analise as afirmativas.

I. Uma garrafa de vidro cheia de água foi colocada em um refrigerador a  $4^\circ\text{C}$ . Após algumas horas, a garrafa de vidro foi retirada do refrigerador e colocada em um ambiente a  $25^\circ\text{C}$ . Depois de alguns minutos, foi observada a formação de gotículas de água do lado de fora da garrafa. Esse fenômeno pode ser explicado devido ao fato de moléculas de vapor de água, presentes no ar, passarem pelo processo de liquefação ao entrarem em contato com a parede externa da garrafa de vidro.

II. Uma garrafa de vidro cheia de água foi colocada em um refrigerador a  $4^\circ\text{C}$ . Após algumas horas, a garrafa de vidro foi retirada do refrigerador e colocada em um ambiente a  $25^\circ\text{C}$ . Depois de alguns minutos, foi observada a formação de gotículas de água do lado de fora da garrafa. Esse fenômeno pode ser explicado devido ao fato das moléculas de água, no estado líquido, permearem o vidro, e, ao encontrarem um ambiente com temperatura superior, sofrerem o processo de vaporização.

III. O estado físico de uma substância pode ser classificado em critérios de volume e forma. Sendo assim, o sal e a areia são classificados como líquidos, pois podem adquirir a forma de um recipiente.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa III é verdadeira.  
b) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.  
c) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.  
d) Somente a afirmativa I é verdadeira.  
e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

**11. Unicamp-SP** – Três frascos de vidro transparente, fechados, de formas e dimensões iguais, contêm cada um a mesma massa de líquidos diferentes. Um contém água, o outro, clorofórmio e o terceiro, etanol. Os três líquidos são incolores e não preenchem totalmente os frascos, os quais não têm nenhuma identificação. Sem abrir os frascos, como você faria para identificar as substâncias?

A densidade ( $d$ ) de cada um dos líquidos, à temperatura ambiente, é:

$$d_{(\text{água})} = 1,0 \text{ g/cm}^3 ; \quad d_{(\text{etanol})} = 0,8 \text{ g/cm}^3$$

$$d_{(\text{clorofórmio})} = 1,4 \text{ g/cm}^3 ;$$

## 12. IFSC (adaptado)

O óleo de cozinha usado não deve ser descartado na pia, pois causa poluição das águas e prejudica a vida aquática. Em Florianópolis, a coleta seletiva de lixo recolhe o óleo usado armazenado em garrafas PET e encaminha para unidades de reciclagem. Nessas unidades, ele é purificado para retirar água e outras impurezas para poder, então, ser reutilizado na fabricação de sabão e biocombustíveis.

Disponível em: <<http://portal.pmf.sc.gov.br/entidades/comcap/index.php?cms=reoleo&menu=5>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

Considerando essas informações, indique o(s) processo(s) adequado(s) para a separação dessa mistura.

## 13. Enem

C5-H17

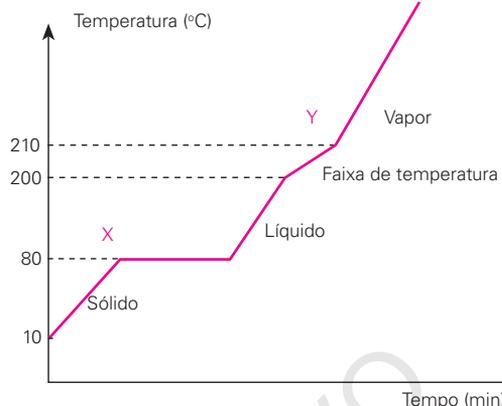
Um grupo de pesquisadores desenvolveu um método simples, barato e eficaz de remoção de petróleo contaminante na água, que utiliza um plástico produzido a partir do líquido da castanha-de-caju (LCC). A composição química do LCC é muito parecida com a do petróleo, e suas moléculas, por suas características, interagem formando agregados com o petróleo. Para retirar os agregados da água, os pesquisadores misturam ao LCC nanopartículas magnéticas.

KIFFER, D. *Novo método para remoção de petróleo usa óleo de mamona e castanha-de-caju*. Disponível em: <[www.faperj.br](http://www.faperj.br)>. Acesso em: 31 jul. 2012 Adaptado.

Essa técnica considera dois processos de separação de misturas, sendo eles, respectivamente,

- flotação e decantação.
- decomposição e centrifugação.
- floculação e separação magnética.
- destilação fracionada e peneiração.
- dissolução fracionada e magnetização.

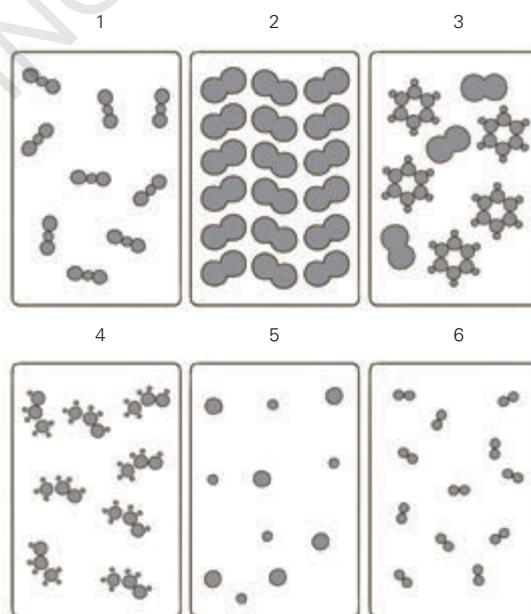
14. UFPA – Dado o diagrama de aquecimento de um material:



Assinale a alternativa correta.

- O diagrama representa o aquecimento de uma substância pura.
- A temperatura no tempo zero representa o aquecimento de um líquido.
- 210 °C é a temperatura de fusão do material.
- A transformação de X para Y é um fenômeno químico.
- 80 °C é a temperatura de fusão do material.

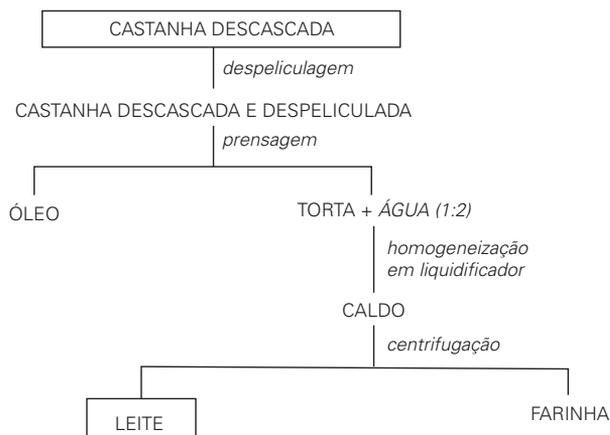
15. Fuvest-SP – Considere as figuras pelas quais são representados diferentes sistemas contendo determinadas substâncias químicas. Nas figuras, cada círculo representa um átomo, e círculos de tamanhos diferentes representam elementos químicos diferentes.



A respeito dessas representações, é correto afirmar que os sistemas

- 3, 4 e 5 representam misturas.
- 1, 2 e 5 representam substâncias puras.
- 2 e 5 representam, respectivamente, uma substância molecular e uma mistura de gases nobres.
- 6 e 4 representam, respectivamente, uma substância molecular gasosa e uma substância simples.
- 1 e 5 representam substâncias simples puras.

**16. UFSCar-SP (adaptado)** – A figura representa o processo de obtenção de leite de castanha-do-brasil, um subproduto da castanha, utilizado na alimentação infantil e em pratos regionais.



Um técnico precisa substituir a centrifugação na etapa final de obtenção do leite. Indique o processo mais adequado para realizar a separação final.

---



---



---



---



---



---



---



---

**17. CPS-SP** – A quantidade de água doce disponível para o nosso uso é muito pequena, perto de 3% do volume total de água existente. Os outros 97% são constituídos por água salgada. Desses 3% de água doce, cerca de 1% está acessível para a população de todo o planeta e o restante está na forma de gelo. Contudo, boa parte da água acessível encontra-se poluída e deve ser tratada para o consumo humano. As etapas envolvidas nas estações de tratamento da água das grandes metrópoles são

- filtração e cloração, somente.
- decantação e filtração, somente.
- floculação e decantação, somente.
- sublimação, decantação e filtração.
- floculação, decantação, filtração e cloração.

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. Enem

C7-H24

Em Bangladesh, mais da metade dos poços artesanais cuja água serve à população local está contaminada com arsênio proveniente de minerais naturais e de pesticidas. O arsênio apresenta efeitos tóxicos cumulativos. A ONU desenvolveu um *kit* para tratamento dessa água, a fim de torná-la segura para o consumo humano. O princípio desse *kit* é a remoção do arsênio por meio de uma reação de precipitação com sais de ferro (III) que origina um sólido volumoso de textura gelatinosa.

Disponível em: <<http://tc.iaea.org>>. Acesso em: 11 dez. 2012. Adaptado.

Com o uso desse *kit*, a população local pode remover o elemento tóxico por meio de

- fervura.
- filtração.
- destilação.
- calcinação.
- evaporação.

### 19. FGV-RJ

C7-H24

Em um experimento na aula de laboratório de química, um grupo de alunos misturou em um recipiente aberto, à temperatura ambiente, quatro substâncias diferentes:

| Substância        | Quantidade | Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------|------------|--------------------------------|
| Polietileno em pó | 5 g        | 0,9                            |
| Água              | 20 mL      | 1,0                            |
| Etanol            | 5 mL       | 0,8                            |
| Grafite em pó     | 5 g        | 2,3                            |

Nas anotações dos alunos, consta a informação correta de que o número de fases formadas no recipiente e sua ordem crescente de densidade foram, respectivamente,

- 2; mistura de água e etanol; mistura de grafite e polietileno.
- 3; polietileno; mistura de água e etanol; grafite.
- 3; mistura de polietileno e etanol; água; grafite.
- 4; etanol; polietileno; água; grafite.
- 4; grafite; água; polietileno; etanol.

### 20. Enem

C7-H24

Para impedir a contaminação microbiana do suprimento de água, deve-se eliminar as emissões de efluentes e, quando necessário, tratá-lo com desinfetante. O ácido hipocloroso (HClO), produzido pela reação entre cloro e água, é um dos compostos mais empregados como desinfetante. Contudo, ele não atua somente como oxidante, mas também como um ativo agente de cloração. A presença de matéria orgânica dissolvida no suprimento de água clorada pode levar à formação de clorofórmio (CHCl<sub>3</sub>) e outras espécies orgânicas cloradas tóxicas.

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

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

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

# SEPARAÇÃO DE MISTURAS HOMOGÊNEAS E INTRODUÇÃO ÀS FUNÇÕES INORGÂNICAS: ÁCIDO

## Separação de misturas homogêneas

Muitas vezes, deseja-se obter uma substância, mas na natureza, geralmente, as substâncias são encontradas junto a outras, formando sistemas homogêneos ou heterogêneos. Entretanto, pode-se separar os componentes de um sistema por diferentes técnicas, dependendo das propriedades dos materiais envolvidos.

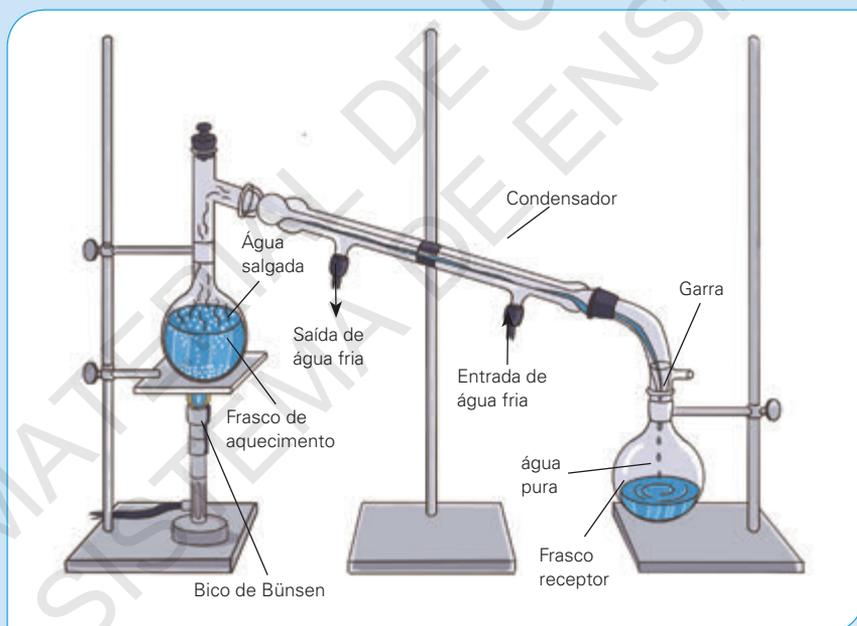
### EVAPORAÇÃO

Esta técnica é utilizada para separar misturas homogêneas entre um sólido e um líquido, ou seja, o sólido está totalmente dissolvido no líquido e não há interesse em obter-se o líquido, mas sim o sólido.

O sal marinho, por exemplo, é obtido nas salinas pela evaporação da água do mar.

### DESTILAÇÃO SIMPLES

A destilação é um processo de purificação em que os componentes de uma mistura líquida são vaporizados e, depois, condensados e isolados. No exemplo de uma mistura água e sal, observamos que a solução entra em ebulição no balão, mas somente o líquido se vaporiza e caminha pelo condensador. Ao entrar em contato com as paredes frias, condensa-se, voltando ao estado líquido.



Aparelhagem utilizada em destilação simples.

### DESTILAÇÃO FRACIONADA

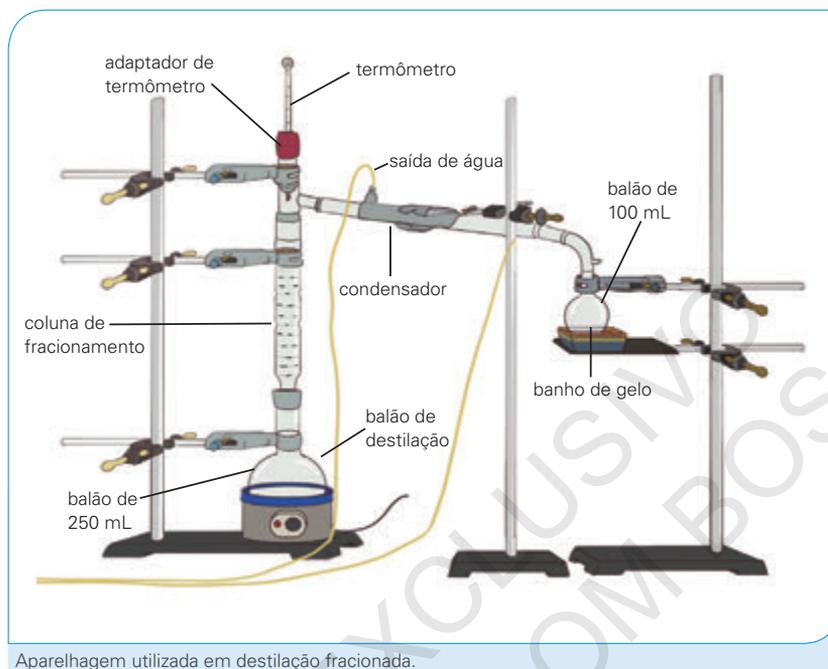
É utilizada para separar misturas homogêneas de líquidos com temperaturas de ebulição diferentes, como o benzeno ( $t_e = 80\text{ }^\circ\text{C}$ ) e o tolueno ( $t_e = 110\text{ }^\circ\text{C}$ ). Por aquecimento da solução, os líquidos vão se destilando à medida que vaporizam. Quanto maior for a diferença entre as temperaturas de ebulição dos componentes, mais fácil será sua separação. Para aumentar o grau de pureza do destilado, utilizamos a coluna de fracionamento. No

- Separação de misturas homogêneas
- Função química
- Ácidos
- Classificação
- Equação de ionização

### HABILIDADES

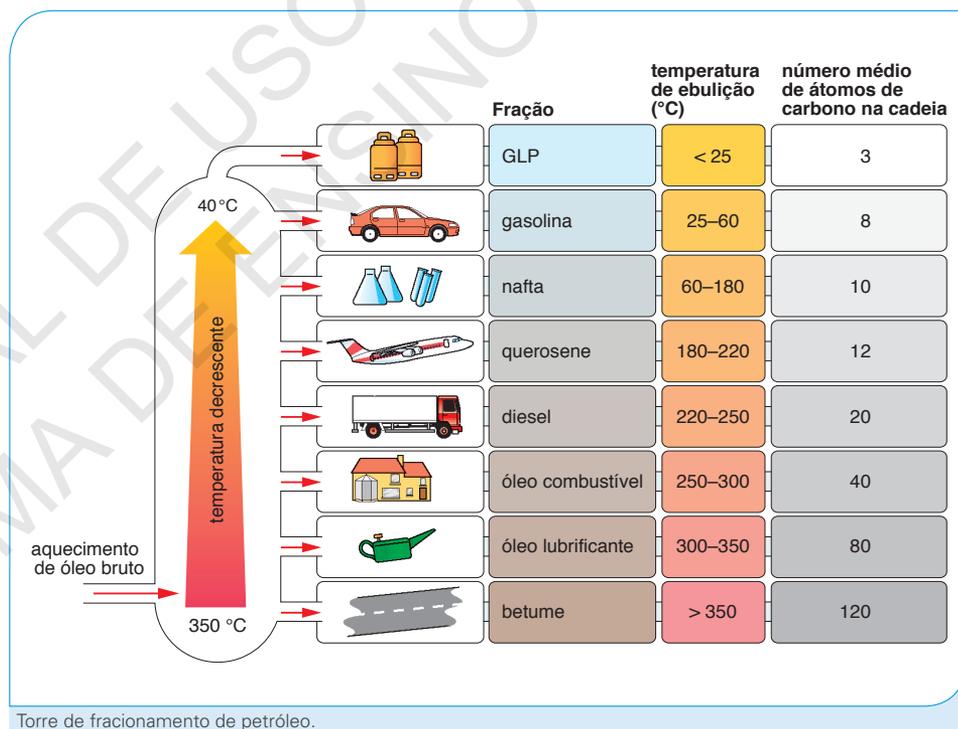
- Identificar os processos de separação de misturas.
- Relacionar os processos de separação com as propriedades físicas dos materiais.
- Avaliar e escolher métodos de separação de substâncias com base nas propriedades dos materiais.
- Escolher métodos de separação de substâncias e avaliar sua efetividade com base nas propriedades dos materiais presentes na mistura.
- Conceituar e classificar ácidos.
- Reconhecer a ação solvente da água sobre um grande número de espécies ácidas.
- Classificar as espécies ácidas segundo o critério de H1.
- Conceituar ionização como ruptura de ligações covalentes gerando íons.
- Interpretar a força dos ácidos em termos do grau de ionização.

topo da coluna sai o líquido mais volátil (menor temperatura de ebulição) com alto grau de pureza, enquanto o menos volátil condensa em suas paredes.



Aparelhagem utilizada em destilação fracionada.

A destilação fracionada é o método utilizado na destilação do petróleo.



Torre de fracionamento de petróleo.

## EXTRAÇÃO

É utilizada para separar os componentes de uma mistura homogênea ou heterogênea. A separação ocorre em virtude da diferença de solubilidade, em um determinado líquido, dos componentes da mistura, onde ocorre a transferência de um soluto de uma fase líquida ou sólida para um solvente líquido. A extração pode ser utilizada para separar líquido de líquido e sólido de líquido. É utilizada para a

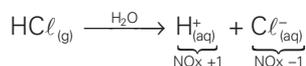
extração da clorofila nos vegetais, para separar substâncias oleosas na indústria de perfumes (extração de essências) etc.

## Funções químicas inorgânicas

São aquelas famílias de compostos inorgânicos que compartilham características químicas semelhantes.

## Ácidos

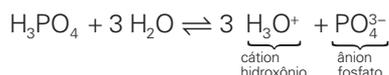
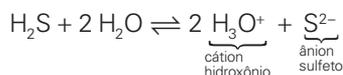
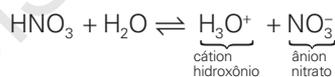
Pela definição do químico sueco Svante August Arrhenius, ácido é toda substância que, adicionada à água, ioniza-se, produzindo exclusivamente como íon positivo o cátion  $\text{H}_3\text{O}^+$ , denominado cátion hidrônio ou cátion hidroxônio, representado de forma simplificada por  $\text{H}^+$ . Chamando genericamente a fórmula de um ânion de  $\text{A}^{n-}$ , a fórmula do ácido é obtida neutralizando eletricamente esse ânion com  $n$  cátions hidrogênio ( $\text{H}^+$ ); assim, a fórmula geral de um ácido qualquer é  $\text{H}_n\text{A}$ , tendo o hidrogênio  $\text{NO}_x + 1$ . Observe o composto  $\text{HCl}$  em solução aquosa.



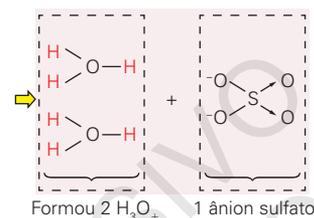
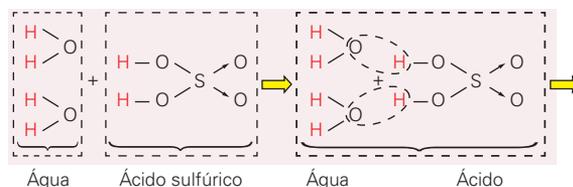
Na equação química anterior, o único íon positivo formado foi o cátion  $\text{H}^+$ , portanto os compostos são ácidos. Modernamente, sabe-se que os íons  $\text{H}^+$  se unem às moléculas de água, formando o íon  $\text{H}_3\text{O}^+$  (hidrônio ou hidroxônio). Observe como ocorre esse fenômeno.



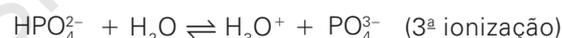
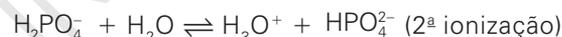
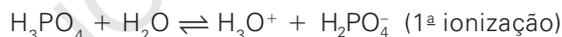
Cada hidrogênio ionizável une-se a uma molécula de água. Assim, se o ácido tiver dois hidrogênios ionizáveis, eles vão necessitar de duas moléculas de água para formar dois hidrônios e um ânion bivalente. O mesmo raciocínio se repete para ácidos com três hidrogênios ionizáveis. Observe as equações a seguir.



Importante lembrar que o processo de ionização ocorre em etapas. Assim, para o ácido sulfúrico, temos:



A seguir, são mostradas as equações de ionização parcial e total:



## Classificação

### QUANTO À PRESENÇA DE OXIGÊNIO NA MOLÉCULA

**Hidrácidos (ácidos não oxigenados):** são os ácidos que não possuem oxigênio na molécula, geralmente, são gasosos.

#### Exemplos

$\text{HF}$ : ácido fluorídrico

$\text{HCl}$ : ácido clorídrico

$\text{HBr}$ : ácido bromídrico

$\text{HI}$ : ácido iodídrico

$\text{H}_2\text{S}$ : ácido sulfídrico

$\text{HCN}$ : ácido cianídrico

**Oxiácidos (ácidos oxigenados):** são os ácidos que possuem oxigênio na molécula. São moléculas maiores e podem ser líquidos ou sólidos.

$\text{H}_3\text{PO}_4$ : ácido fosfórico (sólido)

$\text{H}_3\text{BO}_3$ : ácido bórico (sólido)

$\text{HNO}_3$ : ácido nítrico (líquido)

$\text{H}_2\text{SO}_4$ : ácido sulfúrico (líquido)

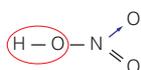
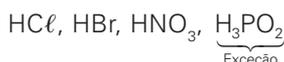
## QUANTO AO NÚMERO DE HIDROGÊNIOS IONIZÁVEIS

Hidrogênio ionizável é o átomo de hidrogênio que, em presença de água, pode desligar-se da molécula e transformar-se em cátion ( $H^+$ ).

Nos **hidrácidos**, todos os hidrogênios dos ácidos são ionizáveis, ou seja, é equivalente ao número de prótons  $H^+$  que o ácido pode ceder em meio aquoso. Não há hidrácidos com três hidrogênios ionizáveis; já nos **oxiácidos**, os hidrogênios ionizáveis são aqueles ligados diretamente aos átomos de oxigênio.

**Monoácido (ou monoprotônico):** são ácidos que apresentam um hidrogênio ionizável.

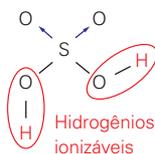
### Exemplos



Hidrogênio ionizável

**Diácido (ou diprotônico):** são ácidos que apresentam dois hidrogênios ionizáveis.

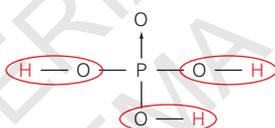
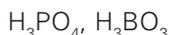
### Exemplos



Hidrogênios ionizáveis

**Triácido (ou triprotônico):** são ácidos que apresentam três hidrogênios ionizáveis.

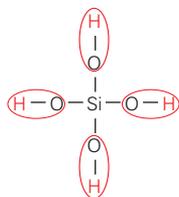
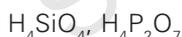
### Exemplos



Hidrogênios ionizáveis

**Tetrácido (tetraprotônico):** são ácidos que apresentam quatro hidrogênios ionizáveis.

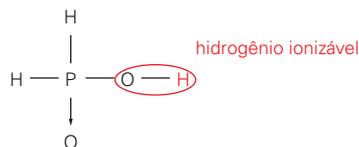
### Exemplos



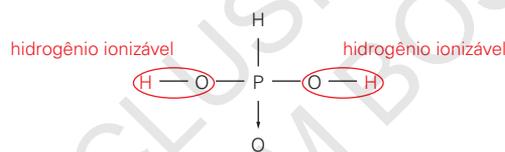
Hidrogênios ionizáveis

### Observação

O ácido hipofosforoso ( $H_3PO_2$ ), apesar de possuir três átomos de hidrogênio, apresenta apenas um átomo ionizável (está ligado diretamente ao oxigênio).



O ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ) apresenta um hidrogênio não ionizável, pois sua fórmula estrutural, deduzida experimentalmente, revela que apenas dois átomos de hidrogênio estão unidos a dois átomos de oxigênio (o terceiro está unido diretamente ao fósforo).



## QUANTO AO NÚMERO DE ELEMENTOS

**Binários:** são ácidos que apresentam dois elementos químicos distintos.

### Exemplos



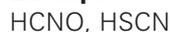
**Ternários:** são ácidos que apresentam três elementos químicos distintos.

### Exemplos



**Quaternários:** são ácidos que apresentam quatro elementos químicos distintos.

### Exemplos



## QUANTO À FORÇA DOS ÁCIDOS

Grau de ionização ( $\alpha$ ): é a relação entre o número de moléculas ionizadas e o número total de moléculas dissolvidas em água (em porcentagem).

$$\alpha = \frac{\text{número de moléculas ionizadas}}{\text{número total de moléculas dissolvidas}} \cdot 100\%$$

Sendo:

$\alpha > 0,5$  (50%)  $\Rightarrow$  ácido forte ( $HClO_4$ ,  $HCl$ ,  $HBr$ ,  $HI$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ )

$0,05 \leq \alpha \leq 0,5$  (entre 5% e 50%)  $\Rightarrow$  ácido moderado ( $HF$ ,  $H_3PO_4$ )

$\alpha < 0,05$  (5%)  $\Rightarrow$  ácido fraco ( $H_2CO_3$ ,  $H_3BO_3$ ,  $H_2S$ ,  $HCN$ )

A seguir, é apresentada uma regra prática para determinar a força de um ácido.

### Exemplo

A 25 °C, de cada 100 moléculas de  $HI$  dissolvidas em água, 95 sofrem ionização.

$$\alpha_{HI} = \frac{95}{100} \rightarrow \alpha = 0,95 \text{ ou } 95\%$$

Logo, HI é um ácido forte.

Quanto maior o  $\alpha$ , maior o número de moléculas ionizadas. Também será maior a concentração de íons no meio e, portanto, mais forte será o eletrólito. Existem duas regras práticas que permitem prever a força de um ácido.

#### Hidrácidos

Ácidos fortes:  $\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl}$

Ácido moderado: HF

Ácidos fracos: os demais hidrácidos ( $\text{H}_2\text{S}$ , HCN etc.)

#### Oxiácidos

Sendo  $\text{H}_x\text{E}_z\text{O}_y$  a fórmula de um ácido de um elemento E qualquer, temos:

$$m = y - x.$$

Em que:

y = número de átomos de oxigênio

x = número de átomos de hidrogênios ionizáveis

Assim, se:

- $m = 3 \Rightarrow$  ácido muito forte

#### Exemplos

$\text{HClO}_4$ ,  $\text{HMnO}_4$

- $m = 2 \Rightarrow$  ácido forte

#### Exemplos

$\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$

- $m = 1 \Rightarrow$  ácido moderado ou semiforte

#### Exemplos

$\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_3$  (2  $\text{H}^+$ )

- $m = 0 \Rightarrow$  ácido fraco

#### Exemplos

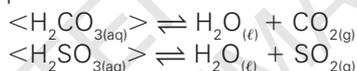
$\text{HClO}$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_2$  (1  $\text{H}^+$ )

Quanto maior o grau de ionização de um ácido, maior a força desse ácido.

O grau de ionização é determinado experimentalmente.

#### Observação

O ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) e o ácido sulfuroso ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) são exceções; embora  $m = 1$ , são considerados ácidos fracos, por serem instáveis, liberando, em suas decomposições,  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{SO}_2$ , respectivamente.



## QUANTO À VOLATILIDADE

Ácidos voláteis apresentam baixas temperaturas de ebulição. Para sabermos quais os ácidos que apresentam baixas temperaturas de ebulição, fazemos uso de uma regra prática, denominada "regra dos 7 átomos". Os ácidos inorgânicos que possuem 7 ou mais átomos são considerados fixos (altas temperaturas de ebulição); já os ácidos inorgânicos que possuem menos que 7 átomos são definidos como voláteis. Os ácidos orgânicos mais voláteis são o metanoico ( $\text{CH}_3\text{OOH}$ ), o etanoico ( $\text{CH}_3\text{—COOH}$ ) e o propanoico ( $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—COOH}$ ).

**Fixos:** possuem altas temperaturas de ebulição.

#### Exemplos

$\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$

**Voláteis:** possuem baixas temperaturas de ebulição.

#### Exemplos

$\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , HCN,  $\text{HNO}_3$

## INDICADORES ÁCIDO-BASE

Determinadas substâncias possuem a propriedade de mudar de cor na presença de uma solução ácida ou básica. Como exemplos, temos as soluções de fenolftaleína, alaranjado de metila e azul de bromotimol e o papel tornassol azul ou vermelho.

Leia na tabela a seguir, alguns indicadores e a cor que apresentam com solução ácida ou básica.

| Indicador            | Cor em meio ácido | Cor em meio básico |
|----------------------|-------------------|--------------------|
| Azul de bromotimol   | amarela           | azul               |
| Fenolftaleína        | incolor           | rosa-claro         |
| Alaranjado de metila | vermelha          | amarela            |
| Papel de tornassol   | vermelha          | azul               |

# ROTEIRO DE AULA

## Misturas homogêneas

Evaporação

**Destilação simples**

Destilação fracionada

**Extração**

**sólido / sólido**

sólido / líquido

**líquido / líquido**

**sólido/  
líquido e líquido/  
líquido**

**Princípio: evaporação  
do líquido**

**Princípio:**

aquecer a mistura para evaporar e  
condensar o líquido em outro re-  
cipiente

**Princípio:**

Separação de substâncias com  
base nas diferentes temperatura  
de ebulição

**Princípio:**

diferentes solubilidades

**Exemplo:**

água e sal

**Principais aparelhos  
utilizados:  
Balão de destilação,  
condensador, bquer,  
chapa de aquecimento**

**Principais aparelhos  
utilizados:**

Balão de destilação, coluna de  
fracionamento, condensador e  
bquer

**Soluto migra da  
solução para o solvente**

**Obtenção das  
substâncias:  
Balão de  
destilação: sólido  
Bquer: Líquido**

**Líquido  
condensado: o de menor  
temperatura de ebulição  
Balão de destilação:  
líquido de maior  
temperatura de  
ebulição**

**Exemplo:  
extração de  
substâncias com a água  
como solvente, quando  
se coa o café**

**Exemplo:**

água e sal

**Exemplo:**

destilação do petróleo.

## ROTEIRO DE AULA

Funções inorgânicas

Ácidos

Definição Arrhenius:

Ionização



Quanto à presença de oxigênio:

1. Hidrácidos

2. Oxiácidos

Quanto ao número de hidrogênio ionizáveis:

1. Monoácido

2. Diácido

3. Triácido

4. Tetrácido

Classificação

Quanto ao número de elementos:

1. Binário

2. Ternário

3. Quaternário

Quanto à força: grau de ionização:

 $\alpha > 0,5$  forte $0,05 \leq \alpha \leq 0,5$  moderado $\alpha < 0,05$  fraco

Quanto à volatilidade:

Fixos e voláteis

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

**1. IFSul-RS** – Além do ácido fosfórico, o elemento fósforo forma outros ácidos, tais como o  $\text{H}_3\text{PO}_3$  e o  $\text{H}_3\text{PO}_2$ .

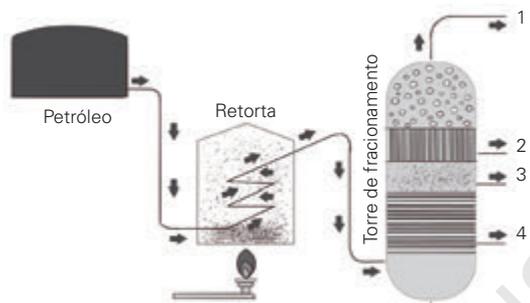
Esses ácidos são classificados, respectivamente, como

- a) diácido e diácido. **d) diácido e monoácido.**  
 b) triácido e triácido. **e) triácido e monoácido.**  
 c) triácido e diácido.

Só são ionizáveis os hidrogênios que estão ligados diretamente ao oxigênio da molécula, assim teremos para o ácido fosforoso  $\text{H}_3\text{PO}_3$  com 2 hidrogênios ionizáveis e, para o ácido hipofosforoso  $\text{H}_3\text{PO}_2$ , apenas 1, conforme ilustrado nas fórmulas estruturais a seguir:



**2. Unifesp** – A figura mostra o esquema básico da primeira etapa do refino do petróleo, realizada à pressão atmosférica, processo pelo qual ele é separado em misturas com menor número de componentes (fracionamento do petróleo).



Dê o nome do processo de separação de misturas pelo qual são obtidas as frações do petróleo e o nome da propriedade específica das substâncias na qual se baseia esse processo.

Nome do processo de separação de misturas pelo qual são obtidas as

frações do petróleo é destilação fracionada, usada para misturas líquido-

-líquido miscíveis. A separação ocorre pela diferença das temperaturas

de ebulição dos líquidos, em que o de menor temperatura de ebulição e

menor densidade sai primeiro e no alto.

Propriedade específica das substâncias na qual se baseia esse processo:

temperatura de ebulição.

### 3. UPE

C5-H17

Em países onde as reservas de água doce são escassas, principalmente nos insulares, são comuns as estações de dessalinização da água do mar. Esse processo consiste na utilização de vapor d'água de alta temperatura, para fazer a água salgada entrar em ebulição.

Posteriormente, o vapor passa por vários estágios, em que é liquefeito e depois vaporizado, garantindo um grau de pureza elevado do produto final.

O processo de separação de mistura que podemos identificar no processo descrito é o de

- a) filtração. **d) osmose reversa.**  
**b) destilação.** **e) decantação fracionada.**  
 c) centrifugação.

A destilação simples é um procedimento muito utilizado em laboratório para separar misturas homogêneas: sólido + líquido, como no caso de água e sal. O processo consiste em aquecer a mistura até que o componente de menor temperatura de ebulição, no caso a água, passe do estado líquido para o gasoso. O vapor gerado vai passar por um condensador onde será resfriado e, novamente, voltará ao estado líquido, que será recolhido em outro recipiente. O sólido, no caso o sal, por possuir a maior temperatura de ebulição, permanecerá sólido dentro do balão de destilação.

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

**4. IFTO (adaptado)** – O ácido bórico é um composto inorgânico que apresenta propriedades antibactericidas e antifúngicas. Além disso, também é utilizado na industrialização de xampus e condicionadores. Sendo assim, sua fórmula química corresponde a

- a)  $\text{H}_3\text{BO}_2$  **d) HBO**  
 b)  $\text{H}_2\text{BO}_4$  **e)  $\text{H}_3\text{BO}_3$**   
 c)  $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_3$

Fórmula química do ácido bórico:  $\text{H}_3\text{BO}_3$

**5. UFJF-MG** – O  $\text{H}_2\text{S}$  é encontrado tanto em solução aquosa (solúvel em água) quanto na forma gasosa. É altamente tóxico, inflamável, irritante, além de apresentar odor característico semelhante ao de ovos podres. Com base nas características do  $\text{H}_2\text{S}$ , responda aos itens a seguir.

- a) Qual a função inorgânica do  $\text{H}_2\text{S}$ ?

Trata-se de um ácido não oxigenado (hidrácido).

- b) O  $\text{H}_2\text{S}$  conduz corrente elétrica quando dissolvido em água? Justifique sua resposta.

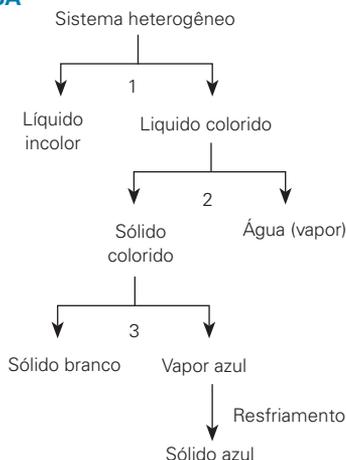
Sim, conduz corrente elétrica. Quando o  $\text{H}_2\text{S}$  está dissolvido em água,

ele sofre ionização, ou seja, a solução resultante apresenta íons, favo-

recendo a condução de corrente elétrica.



## 6. UEFS-BA



Normalmente as substâncias são obtidas em mistura, seja na natureza, seja em laboratórios, como produtos de reações químicas. Na maioria das vezes, é necessário separar os componentes de uma mistura para que possam ser utilizados. Para a separação, recorre-se a técnicas baseadas em diferenças de propriedades entre os componentes da mistura. O esquema mostra as etapas de separação de uma mistura.

Considerando-se essas informações, é correto afirmar que as técnicas de separação empregadas em 1, 2 e 3 são, respectivamente,

- a) centrifugação, destilação fracionada e recristalização fracionada.  
 b) decantação, destilação simples e sublimação.  
 c) filtração, destilação simples e decantação.  
 d) filtração, decantação e destilação simples.  
 e) decantação, flotação e fusão fracionada.

## Resolução



## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. CFT-MG – Após uma aula de revisão sobre processos de separação de misturas, um professor de química lançou um desafio aos alunos:

“Considere uma mistura contendo três componentes sólidos e proponham um modo de separá-los.” Para tanto, utilizem o quadro seguinte que contém algumas características dos constituintes dessa mistura.”

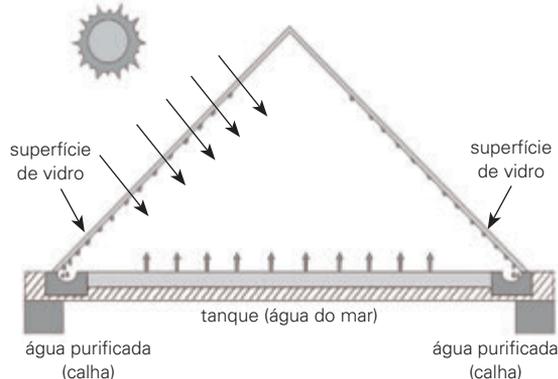
| Substâncias | Solubilidade em água fria | Solubilidade em água quente | Magnetismo |
|-------------|---------------------------|-----------------------------|------------|
| A           | insolúvel                 | insolúvel                   | sim        |
| B           | solúvel                   | solúvel                     | não        |
| C           | insolúvel                 | solúvel                     | não        |

A sequência correta de processos para a separação de cada um dos componentes da mistura é

- a) adição de água fria, filtração, evaporação e catação.  
 b) separação magnética, adição de água fria, filtração e destilação.  
 c) adição de água quente, filtração a quente, evaporação e separação magnética.  
 d) separação magnética, adição de água quente, filtração e destilação fracionada.  
 e) adição de água quente, separação magnética, catação e filtração.

8. Unifesp (adaptado) – O abastecimento de água potável para o uso humano é um problema em muitos países. Para suprir essa demanda, surge a necessidade de utilização de fontes alternativas para produção de água potável, a partir de água salgada e salobra, fazendo o uso das técnicas de dessalinização. Estas podem ser realizadas por meio de

tecnologias de membranas ou por processos térmicos. Na figura, está esquematizado um dessalinizador de água do mar baseado no aquecimento da água pela energia solar.



Dê o nome do processo de separação que ocorre no dessalinizador representado na figura. Descreva o processo de separação. Justifique sua resposta.

---



---



---



---

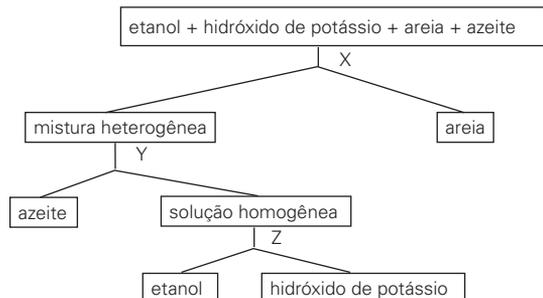


---

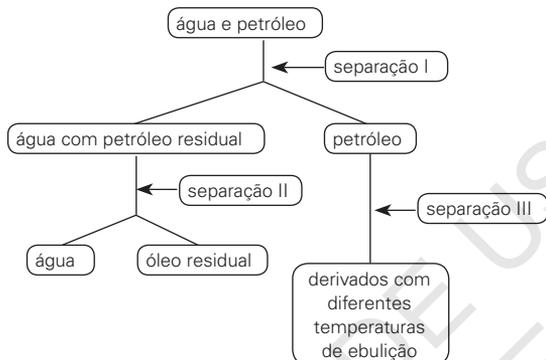


---

- 9. CFT-RJ** – Um químico deseja separar todos os componentes que constituem um sistema heterogêneo formado pela mistura de um álcool, de uma base, areia e de um óleo. Determine o processo de separação adequado em **X**, **Y** e **Z**, sabendo que a base é um granulado solúvel no álcool.



- a) X = dissolução fracionada, Y = sifonação e Z = filtração.  
 b) X = decantação, Y = sedimentação e Z = filtração.  
 c) X = filtração, Y = decantação e Z = destilação simples.  
 d) X = sedimentação, Y = filtração e Z = destilação simples.
- 10. UEG-GO** – Considere o esquema a seguir que mostra uma cadeia de produção de derivados do petróleo e seus processos de separação, representados em I, II e III, e responda ao que se pede.



- a) Qual é o método adequado para a separação dos componentes da mistura obtida após o processo de separação III? Admitindo não existir grandes diferenças entre as temperaturas de ebulição dos componentes individuais da mistura, explique sua resposta.

- b) Qual método de separação seria adequado à etapa I? Justifique sua resposta.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

- 11. Fuvest-SP** – Uma determinada quantidade de metano ( $\text{CH}_4$ ) é colocada para reagir com cloro ( $\text{Cl}_2$ ) em excesso, a  $400^\circ\text{C}$ , gerando  $\text{HCl}(g)$  e os compostos organoclorados  $\text{H}_3\text{CCl}$ ,  $\text{H}_2\text{CCl}_2$ ,  $\text{HCCl}_3$ ,  $\text{CCl}_4$ , cujas propriedades são mostradas na tabela. A mistura obtida ao final das reações químicas é então resfriada a  $25^\circ\text{C}$  e o líquido, formado por uma única fase e sem  $\text{HCl}$ , é coletado.

| Composto                 | T.F. ( $^\circ\text{C}$ ) | T.E. ( $^\circ\text{C}$ ) | Solubilidade em água a $25^\circ\text{C}$ (g/L) | Densidade do líquido a $25^\circ\text{C}$ (g/L) |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---|---|
| $\text{H}_3\text{CCl}$   | -97,4                     | -23,8                     | 5,3   | –   |
| $\text{H}_2\text{CCl}_2$ | -96,7                     | 39,6                      | 17,5  | 1,327   |
| $\text{HCCl}_3$          | -63,5                     | 61,2                      | 8,1   | 1,489   |
| $\text{CCl}_4$           | -22,9                     | 76,7                      | 0,8   | 1,587   |

A melhor técnica de separação dos organoclorados presentes na fase líquida e o primeiro composto a ser separado por essa técnica são:

- a) decantação;  $\text{H}_3\text{CCl}$ .  
 b) destilação fracionada;  $\text{CCl}_4$ .  
 c) cristalização;  $\text{HCCl}_3$ .  
 d) destilação fracionada;  $\text{H}_2\text{CCl}_2$ .  
 e) decantação;  $\text{CCl}_4$ .

- 12. UEM-PR (adaptado)** – Assinale o que for correto.

- 01)** Segundo Arrhenius, uma substância molecular dissolvida em água não pode conduzir corrente elétrica.  
**02)** Substâncias ácidas geralmente possuem sabor adstringente (amarram a boca).  
**04)** O ácido fosforoso tem a fórmula  $\text{H}_3\text{PO}_3$  e apresenta 3 hidrogênios ionizáveis.  
**08)** O ácido perclórico  $\text{HClO}_4$  é um monoácido muito forte.  
**16)** O ácido fluorídrico (HF) tem a propriedade de corroer o vidro.

Dê a soma da(s) afirmativa(s) correta(s).

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

13. **IFSul-RS** – Os ácidos estão muito presentes em nosso cotidiano, podendo ser encontrados até mesmo em nossa alimentação. A tabela a seguir apresenta alguns ácidos e suas aplicações.

| Nome              | Fórmula molecular | Aplicação   |
|-------------------|-------------------|---|
| Ácido sulfúrico   | $H_2SO_4$         | Consumido em grandes quantidades na indústria petroquímica. |
| Ácido fluorídrico | HF                | Utilizado para gravação em vidro.                           |
| Ácido carbônico   | $H_2CO_3$         | Utilizado para gaseificar águas e refrigerantes.            |

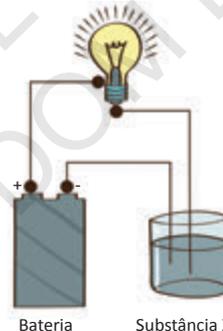
A força dos ácidos dispostos na tabela, respectivamente, é

- a) forte, forte e moderado.  
 b) moderado, fraco e moderado.  
 c) moderado, fraco e fraco.  
 d) forte, moderado e fraco.  
 e) forte, forte e fraco.

14. **UECE (adaptado)** – No nosso cotidiano, há muitas reações químicas envolvidas, como no preparo de alimentos, na própria digestão desses alimentos por nosso organismo, na combustão nos automóveis, no aparecimento da ferrugem, na fabricação de remédios etc. Com relação às reações químicas, após a ionização de um ácido em água, observou-se que o número de moléculas ionizadas era o quádruplo do número de moléculas não ionizadas. Com base nessa observação, represente por meio de cálculos a porcentagem de ionização do referido ácido e sua força.

15. **UEFS-BA (adaptado)** – A figura mostra o resultado de um teste de condutibilidade elétrica realizado com uma substância X.

Lâmpada acesa



A substância X utilizada para que se tenha o maior brilho na lâmpada nesse teste pode ter sido

- a)  $H_2SO_4$                       c)  $HClO_4$                       e)  $HNO_3$   
 b)  $H_3BO_3$                       d)  $H_2CO_3$

16. **UEM-PR** – Assinale o que for correto sobre os processos de purificação e separação dos componentes de uma mistura.

- 01) Para separação do plasma sanguíneo, usa-se a centrifugação, pois em decorrência desse processo físico, em que uma força radial é aplicada à amostra, ocorre decantação dos componentes mais densos da amostra de sangue.  
 02) A destilação simples pode tornar a água do mar própria para consumo.  
 04) Na obtenção de gasolina, a partir do petróleo, utiliza-se a destilação fracionada.  
 08) A filtração serve para separar componentes de misturas homogêneas.  
 16) A decantação de uma mistura heterogênea líquido-líquido, seguida por escoamento do líquido mais denso, é feita em funil de separação.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**17. FCM-PB (adaptado)** – Na Antiguidade, as propriedades organolépticas eram importantes na caracterização das substâncias. A palavra ácido, por exemplo, vem do latim *acere*, que significa azedo, e produtos que tinham esse sabor, como o vinagre, o leite coalhado e o suco de limão, eram considerados ácidos. Atualmente, sabemos que o sabor azedo característico desses produtos é devido à presença de ácidos carboxílicos em sua composição, como o ácido acético (vinagre), o ácido D-láctico (leite coalhado) e o ácido cítrico (suco de limão). A força dos ácidos varia em função de uma série de propriedades, tais como: constituintes químicos, geometria da molécula, estado de oxidação das espécies envolvidas, etc. Considerando os ácidos  $\text{HClO}$ ,  $\text{HBrO}$  e  $\text{HIO}$ , é correto afirmar que:

- O  $\text{HClO}$  é um ácido mais fraco do que o  $\text{HIO}$ .
- A ordem crescente de acidez é  $\text{HIO}$ ,  $\text{HBrO}$ ,  $\text{HClO}$ .
- O  $\text{HBrO}$  é um ácido mais forte do que o  $\text{HClO}$ .
- A ordem decrescente de acidez é  $\text{HIO}$ ,  $\text{HClO}$ ,  $\text{HBrO}$ .

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. UEFS-BA

C5-H17

O ácido bórico,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , em baixas concentrações, é utilizado no tratamento de infecções do canal auditivo externo, inflamação nos olhos, irritação da pele, irritação dos olhos, picada de insetos e queimaduras leves. Entretanto, em algumas pessoas, o contato com o ácido bórico pode causar reações alérgicas, irritação nos olhos e no sistema respiratório. Em doses elevadas, o ácido bórico é frequentemente utilizado como inseticida para matar baratas, formigas, pulgas e muitos outros insetos. Sobre o ácido bórico, é correto afirmar:

- É um ácido fraco, pois apresenta  $\alpha < 5\%$ .
- É um ácido forte, pois apresenta  $\alpha > 5\%$ .
- Possui ionização total:  

$$\text{H}_2\text{BO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 3\text{H}_3\text{O}^+ + \text{BO}_3^-$$
- O ânion formado é o  $\text{B}_3\text{O}_3^-$ .
- Nesse composto, o átomo de boro, por ser menos eletronegativo que o oxigênio, doa seus elétrons de valência aos átomos de oxigênio, atingindo, assim, uma configuração de gás nobre.

### 19. Unaerp-SP

C5-H17

Após a dissolução de 3 000 moléculas de um ácido em água a  $25^\circ\text{C}$ , verificou-se, experimentalmente, que apenas 37 moléculas se ionizaram. Podemos concluir então que o grau de equilíbrio ( $\alpha$ ) em porcentagem é de, aproximadamente,

- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| a) 0,78 | c) 1,09 | e) 1,62 |
| b) 0,92 | d) 1,23 |         |

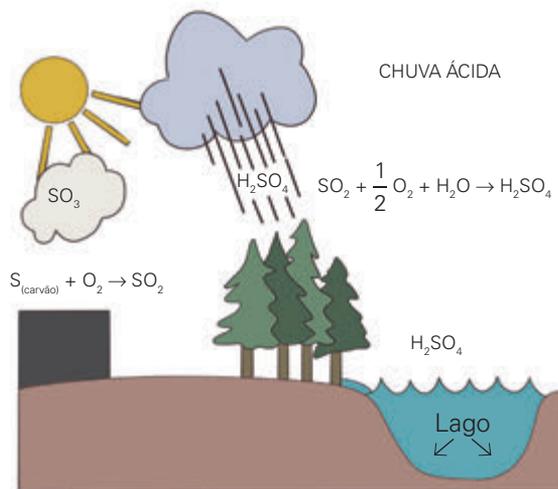
### 20. CPS-SP

C5-H17

O fenômeno da chuva ácida está relacionado ao aumento da poluição em regiões industrializadas. Os agentes poluentes são distribuídos pelos ventos, causando danos à saúde humana e ao meio ambiente.

Gases gerados pelas indústrias, veículos e usinas energéticas reagem com o vapor de água existente na atmosfera, formando compostos ácidos que se acumulam em nuvens, ocorrendo, assim, a condensação, da mesma forma como são originadas as chuvas comuns. Um desses gases, o  $\text{SO}_2$ , é proveniente da combustão do enxofre, impureza presente em combustíveis fósseis, como o carvão e derivados do petróleo. Ele leva à formação do ácido sulfúrico.

O esquema ilustra esse processo.



<<http://tinyurl.com/hh8kmmh>> Acesso em: 9 set. 2016. Adaptado.

Uma forma de atenuar o fenômeno descrito seria a retirada do enxofre dos combustíveis derivados do petróleo, como o diesel e o óleo combustível. Esses dois combustíveis são obtidos do petróleo por

- filtração.
- sublimação.
- decantação.
- fusão fracionada.
- destilação fracionada.

# FUNÇÕES INORGÂNICAS: ÁCIDOS E BASES

## NOMENCLATURA DOS ÁCIDOS

Existem dois tipos de ácidos: hidrácidos e oxiácidos. Os hidrácidos não possuem oxigênio (O) em sua composição, tornando-se fáceis de reconhecer e nomear.

### Hidrácidos

Nomear um hidrácido é bastante simples. Basta mantermos o nome do ânion (elemento ligado ao hidrogênio), mas colocando nele o sufixo “ídrico”. Feito isso, coloca-se a palavra “ácido” antes do nome. Os ânions que resultam da ionização desses ácidos em água têm nomes terminados em **eto** (substituição de **ídrico** por **eto**).

#### Exemplos

| Ácidos                                     | Ânions                            |
|--|-----------------------------------|
| HCl: ácido clor <b>ídrico</b>              | Cl <sup>-</sup> : clor <b>eto</b> |
| H <sub>2</sub> S: ácido sulf <b>ídrico</b> | S <sup>2-</sup> : sulf <b>eto</b> |
| HCN: ácido cian <b>ídrico</b>              | CN <sup>-</sup> : cian <b>eto</b> |
| HF: ácido fluor <b>ídrico</b>              | F <sup>-</sup> : fluor <b>eto</b> |
| HBr: ácido brom <b>ídrico</b>              | Br <sup>-</sup> : brom <b>eto</b> |
| HI: ácido iod <b>ídrico</b>                | I <sup>-</sup> : iod <b>eto</b>   |

Por uma questão de costume, muitos nomes históricos são mantidos na indústria. Por exemplo, o nome industrial do ácido clorídrico é ácido **muriático**.

### Oxiácidos

Os ácidos que contêm oxigênio em sua composição são chamados de oxiácidos, e as regras para nomear essas substâncias é a seguinte: coloca-se primeiramente a palavra ácido + o nome do ânion seguido da terminação **ico**. Os ânions que resultam da ionização desses ácidos em água têm nomes terminados em **ato** (substituição de **ico** por **ato**).

A seguir, são apresentados os principais ácidos **padrões**:

| Ácidos   | Ânions  |
|--|---|
| HNO <sub>3</sub> : ácido nítr <b>ico</b>                 | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : nitr <b>ato</b>    |
| HClO <sub>3</sub> : ácido clór <b>ico</b>                | ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : clor <b>ato</b>   |
| H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> : ácido carbôn <b>ico</b> | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> : carbon <b>ato</b> |
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> : ácido fosf <b>ico</b>   | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> : fosf <b>ato</b>   |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : ácido sulfú <b>ico</b>  | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> : sulf <b>ato</b>   |
| HBrO <sub>3</sub> : ácido brôm <b>ico</b>                | BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : brom <b>ato</b>   |

Alguns elementos apresentam grande variabilidade de formulação de ácidos.

- Função química
- Ácidos
- Nomenclatura de hidrácidos e oxiácidos
- Aplicação dos ácidos
- Características das bases
- Classificação das bases
- Nomenclatura das bases
- Indicadores ácido-base
- Bases no cotidiano

#### HABILIDADES

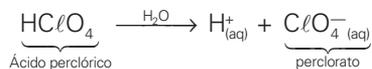
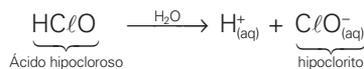
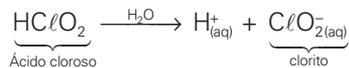
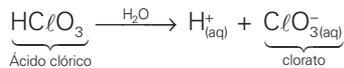
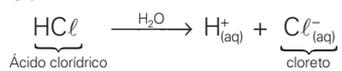
- Aplicar as regras da nomenclatura dos ácidos inorgânicos.
- Diferenciar a nomenclatura de hidrácidos e oxiácidos.
- Reconhecer o uso e a presença de ácidos no cotidiano.
- Conceituar e classificar bases (hidróxidos).
- Reconhecer e nomear bases (hidróxidos).
- Identificar comportamentos básicos de substâncias por meio de indicadores.
- Reconhecer o uso e a presença de bases no cotidiano.

## Nomenclatura dos ânions

Podemos considerar que os ânions são provenientes dos ácidos. Assim, temos:

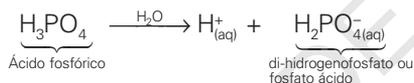
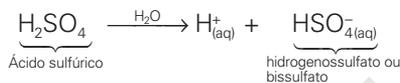
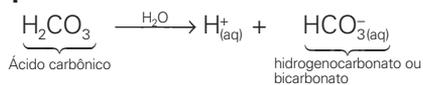
| Ácido  | Ânion |
|--------|-------|
| ídrico | eto   |
| oso    | ito   |
| ico    | ato   |

### Exemplos



Quando o ânion apresentar um hidrogênio ionizável, pelo fato de sua ionização ter sido parcial, teremos um ânion ácido ou hidrogeno ânion.

### Exemplos



### Observação

$\text{HPO}_3^{2-}$  – Fosfito

$\text{H}_2\text{PO}_2^-$  – Hipofosfito

Apesar de esses ânions apresentarem hidrogênios, estes não são ionizáveis.

## APLICAÇÃO DE ALGUNS ÁCIDOS

- **HF (fluoreto de hidrogênio):** Gás,  $\text{HF}_{(\text{aq})}$  (ácido fluorídrico). O ácido fluorídrico é utilizado na preparação de muitos compostos de flúor úteis, como teflon (plástico PTFE), freon (refrigerante), fluorocarbonos e muitos medicamentos, como a fluoxetina (Prozac). Ele também é usado para fins industriais, como gravação de vidro, limpeza de metais e remoção de ferrugem.
- **HCl (cloreto de hidrogênio):** Gás incolor ou levemente amarelado; tóxico.  **$\text{HCl}_{(\text{aq})}$  (ácido clorídrico):** ácido forte e corrosivo. Seu nome comercial é ácido muriático e é usado na produção de compostos orgânicos, como dicloroetano e cloreto de vinila para PVC. Também é usado na produção de outros compostos orgânicos, como bisfenol A, que é usado em vários produtos farmacêuticos, no processamento de alimentos, refino de minérios, limpeza em geral (pisos, metais etc.), tratamento de

água, esgoto, produção de papel, limpeza de piscinas, produção de petróleo. Compõe o suco gástrico.

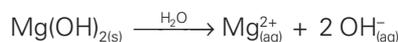
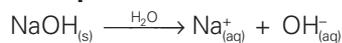
- **HCN (cianeto de hidrogênio):** É um importante reagente utilizado na produção de uma variedade de produtos químicos industriais úteis, como cianeto de sódio, cianeto de potássio, metacrilato de metila (monômero usado para fazer polímeros e plásticos), agentes quelantes EDTA e NTA, bem como o polímero Nylon. O HCN também é usado para preparar pesticidas e agentes de guerra química.
- **$\text{H}_2\text{S}$  (sulfeto de hidrogênio):** Gás incolor, de odor semelhante ao de ovos podres, tóxico e inflamável. O principal uso do sulfeto de hidrogênio é na produção de ácido sulfúrico e enxofre elementar.
- **$\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$  (ácido sulfúrico):** Ácido forte, fixo (alta temperatura de ebulição), altamente desidratante. A inalação dos vapores desse gás pode causar perda de consciência e sérios prejuízos pulmonares. É usado na fabricação de fertilizantes, como os superfosfatos, de corantes, tintas, explosivos e baterias de automóveis e na refinação de petróleo; também é utilizado como decapante de ferro e aço.
- **$\text{HNO}_3$  (nitrate de hidrogênio):** Líquido incolor, sufocante e tóxico.  $\text{HNO}_{3(\text{aq})}$  (ácido nítrico). Ácido forte, oxidante e corrosivo. É usado na fabricação de nitrato para fertilizantes, explosivos (dinamite), corantes, fabricação de salitre ( $\text{NaNO}_3$  e  $\text{KNO}_3$ ), de fibras sintéticas (náilon e seda artificial etc.).
- **$\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$  (ácido carbônico):** Ácido fraco e instável. É comumente usado na fabricação de águas e refrigerantes gaseificados.
- **$\text{H}_3\text{PO}_4$  (ácido fosfórico):** É utilizado nos refrigerantes à base de cola, o qual funciona como um acidulante, e na indústria de vidros e fabricação de fertilizantes. A ingestão regular de bebidas de cola tem sido associada à baixa densidade mineral óssea (BDO) em mulheres.
- **$\text{H}_3\text{BO}_3$  (ácido bórico):** É um ácido inorgânico fraco com propriedades antissépticas, também chamado de ácido borácido ou ácido ortobórico. O ácido bórico é um dos boratos mais comumente produzidos e é amplamente utilizado em todo o mundo nas indústrias farmacêutica e cosmética como suplemento nutricional, retardador de chama, no fabrico de vidro e fibra de vidro e na produção de conservantes de madeira para controle de pragas e fungos.

## BASES

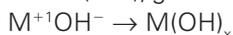
### Definição

Segundo Arrhenius, base (ou álcali) é todo composto que, em solução aquosa, dissocia-se, liberando exclusivamente como único ânion o íon hidroxila ou oxidrila ( $\text{OH}^-$ ). Em contato com a água, os íons separaram-se em razão da solvatação.

#### Exemplos



As bases de Arrhenius são formadas pela união entre um cátion ( $M^{+1}$ ), geralmente metálico, e a hidroxila ( $OH^-$ ).



Para se determinar a fórmula de uma base, é extremamente importante conhecer a carga do cátion, pois a quantidade de hidroxilas ( $OH^-$ ) presentes em uma base é numericamente igual à carga desse cátion, portanto a soma total das cargas deve ser zero.

## Características das bases

As bases são formadas por estruturas iônicas e, por isso, sofrem dissociação em solução aquosa. Apresentam sabor adstringente, são escorregadias e untuosas ao tato e alteram também, de maneira específica, a cor dos indicadores ácido-base (por exemplo, tornam azul o papel de tornassol).

As bases, em sua maioria, são substâncias iônicas (formadas por íons metálicos e hidroxilas) e dissociam-se quando adicionadas à água. Naturalmente, as soluções aquosas das bases conduzem corrente elétrica, porque possuem íons livres, além de sofrerem eletrólise, liberando  $O_2$  no ânodo (polo positivo). Apresentam elevadas temperaturas de fusão e ebulição, sendo encontradas em estado físico sólido, à temperatura ambiente (com exceção do  $NH_4OH$ ).

### HIDRÓXIDO DE AMÔNIO: BASE MOLECULAR

Além das bases iônicas, existem também bases moleculares, ou seja, substâncias moleculares que, em água, apresentam caráter básico. O gás amônia ( $NH_3$ ) é um exemplo típico. Quando moléculas desse gás são adicionadas à água, ocorre ionização, formando os íons hidroxila e amônio ( $NH_4^+$ ). A solução aquosa geralmente é denominada hidróxido de amônio e representada por  $NH_4OH$ .



### HIDRÓXIDO DE MAGNÉSIO

Leite de magnésia é uma suspensão de hidróxido de magnésio,  $Mg(OH)_2$ . Suas principais aplicações são: farmacologicamente, é utilizado para aliviar prisão de ventre por seu efeito laxante e também atua para aliviar a azia estomacal, por causa de sua ação antiácida.

## Classificação das bases

### QUANTO AO NÚMERO DE HIDROXILAS

#### Monobases

Possuem um íon hidroxila dissociável:  
 $NaOH$ ,  $NH_4OH$ ,  $AgOH$

#### Dibases

Apresentam dois íons hidroxila dissociáveis:  
 $Ca(OH)_2$ ,  $Ba(OH)_2$ ,  $Zn(OH)_2$

#### Tribases

Têm três íons hidroxila dissociáveis:  
 $Al(OH)_3$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $Au(OH)_3$

#### Polibases

Possuem quatro ou mais íons hidroxila dissociáveis:  
 $Sn(OH)_4$ ,  $Pt(OH)_4$ ,  $Pb(OH)_4$

## QUANTO À FORÇA

De forma semelhante aos ácidos, as bases podem ser classificadas em fortes ou fracas. Quanto maior a quantidade de íons  $OH^-$ , liberados pela dissociação de uma base, maior será a sua força. No caso das bases iônicas, quanto mais solúveis elas forem, maior será a quantidade de íons  $OH^-$  liberados e, portanto, mais forte elas serão.

### Bases fortes

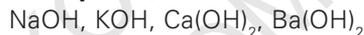
O grau de dissociação das bases fortes é de praticamente 100% ( $\alpha \approx 100\%$ ).

O grau de dissociação ( $\alpha$ ) de uma base é a medida de quanto uma base se dissocia quando dissolvida em água. Esse conceito é análogo ao conceito de ionização dos ácidos e é calculado pela relação:

$$\alpha = \frac{\text{número de fórmulas unitárias que se dissociam}}{\text{número de fórmulas unitárias dissolvidas no início}}$$

Os hidróxidos dos metais alcalinos e alcalinoterrosos (com exceção do berílio e do magnésio), por serem de natureza iônica, são bases fortes:

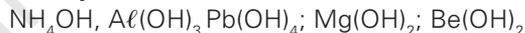
#### Exemplos



### Bases fracas

O grau de ionização das bases fracas é menor que 5% ( $\alpha < 5\%$ ). Os hidróxidos dos metais em geral (com exceção dos alcalinos e alcalinoterrosos) e o hidróxido de amônio ( $NH_4OH$ ), por serem de natureza molecular, são bases fracas.

#### Exemplos



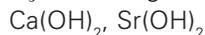
## QUANTO À SOLUBILIDADE

### Bases solúveis

São os hidróxidos de metais alcalinos e amônio:  
 $NaOH$ ,  $KOH$ ,  $NH_4OH$

### Bases pouco solúveis

São os hidróxidos de metais alcalinoterrosos, com exceção do magnésio:



Portanto, atenção:  $Mg(OH)_2$  é praticamente insolúvel em água.

### Bases insolúveis

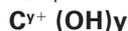
São os demais hidróxidos.  
 $Fe(OH)_3$ ,  $Cu(OH)_2$ ,  $Pb(OH)_4$

#### Importante

O hidróxido de amônio ( $NH_4OH$ ) é uma base fraca solúvel.

## Nomenclatura das bases

As bases formadas por cátions e ânions hidroxila ( $OH^-$ ) apresentam a seguinte fórmula geral:



em que **y** corresponde à carga do cátion.

O nome é escrito da seguinte forma:

**Hidróxido de (nome do cátion)**

**Exemplos**

NaOH – hidróxido de sódio  
 Ca(OH)<sub>2</sub> – hidróxido de cálcio  
 Al(OH)<sub>3</sub> – hidróxido de alumínio  
 NH<sub>4</sub>OH – hidróxido de amônio

Quando um elemento forma cátions com mais de uma carga elétrica, geralmente cátions de metais de transição, acrescentamos ao nome **hidróxido** o valor da carga do cátion em algarismos romanos no final do nome.

**Exemplos**

Fe(OH)<sub>2</sub> – hidróxido de ferro II  
 Ni(OH)<sub>3</sub> – hidróxido de níquel III  
 Pb(OH)<sub>4</sub> – hidróxido de chumbo IV

Existe outra nomenclatura para as bases cujos cátions têm carga variável. Usa-se a palavra **hidróxido** seguida da preposição **de** e do nome do elemento (cátion) mais o sufixo **oso** – indicando a menor carga do elemento – ou **ico** – indicando a maior carga.

**Exemplos**

Fe(OH)<sub>2</sub> – hidróxido ferro**oso**  
 Fe(OH)<sub>3</sub> – hidróxido férrico  
 Ni(OH)<sub>2</sub> – hidróxido níquel**oso**  
 Ni(OH)<sub>3</sub> – hidróxido níquel**ico**  
 Pb(OH)<sub>2</sub> – hidróxido plumb**oso**  
 Pb(OH)<sub>4</sub> – hidróxido plúmbico  
 CuOH – hidróxido cupr**oso**  
 Cu(OH)<sub>2</sub> – hidróxido cúpri**co**

## Indicadores ácido-base

Para medir a acidez ou a basicidade de uma solução, usa-se uma escala denominada escala de pH, que varia de zero (soluções muito ácidas) a 14 (soluções muito básicas); o valor pH = 7 indica uma solução neutra (nem ácida nem básica).



Na prática, o pH é medido com indicadores ácido-base. Indicadores são substâncias que possuem a propriedade

de adquirir colorações diferentes quando em solução ácida ou em solução básica.

Em laboratório, usamos os indicadores comerciais, que podem ser artificiais ou vegetais.

| Indicadores                 | Meio ácido       | Meio neutro | Meio básico      |
|-----------------------------|------------------|-------------|------------------|
| Fenolftaleína               | Incolor          | Incolor     | Rosa avermelhado |
| Papel de tornassol azul     | Rosa avermelhado | Azul        | Azul             |
| Papel de tornassol vermelho | Vermelho         | Vermelho    | Azul             |
| Alaranjado de metila        | Vermelho         | Alaranjado  | Amarelo          |

## Bases no cotidiano

- **NaOH:** hidróxido de sódio (soda cáustica, lixívia). Sólido branco, cristalino, higroscópico e tóxico. Absorve água e gás carbônico (CO<sub>2</sub>) do ar. É usado na fabricação de produtos químicos, celofane, rayon, sabões duros e detergentes, no refino do petróleo, no desentupimento de tubulações de esgoto, na extração da celulose e obtenção do papel e no processamento de indústrias têxteis.
- **KOH:** hidróxido de potássio (potassa cáustica), sólido branco, cristalino e tóxico. Absorve água e CO<sub>2</sub> do ar e é usado na fabricação de sabões moles, como o creme de barbear, no alvejamento, no processamento de alimentos e como reagente em laboratórios.
- **NH<sub>4</sub>OH:** hidróxido de amônio (amoníaco). É uma base fraca e só existe em solução pela dissolução de até 30% de amônia (NH<sub>3</sub>) em água; apresenta odor forte e sufocante, é tóxico e irritante aos olhos. É usado na produção de sais de amônio, na limpeza doméstica, em sínteses orgânicas, na indústria têxtil, na fabricação de fertilizantes e no tratamento de madeira à prova de incêndios.
- **Ca(OH)<sub>2</sub>:** hidróxido de cálcio (cal apagada, cal extinta, cal hidratada). Sólido branco, pouco solúvel em água. É usado na preparação de argamassa (areia + cal), na construção civil, na purificação do açúcar comum e como antídoto para envenenamento com ácido oxálico.
- **Mg(OH)<sub>2</sub>:** hidróxido de magnésio. Sua suspensão aquosa é chamada de leite de magnésia. É usado na medicina como antiácido estomacal e laxante intestinal suave.
- **Al(OH)<sub>3</sub>:** hidróxido de alumínio. Base fraca, que forma na água uma solução coloidal (gelatinosa). É usado na limpeza de piscinas e como antiácido estomacal; é subproduto de extintores de incêndio com espuma à base de CO<sub>2</sub>.

## ROTEIRO DE AULA

## Ácidos

## Nomenclatura

Hidrácidos

Terminação

ídrico

Exemplos:

HCl

H<sub>2</sub>S

HCN

Oxiácidos

Terminação

Padrão: ico

Exemplo: HClO<sub>3</sub>:Ácido clórico

Padrão – 1 oxigênio

Terminação:  
clorosoExemplo: HClO<sub>2</sub>:Ácido clórico

Padrão – 2 oxigênios

hipo...oso

Exemplo: HClO:

Ácido hipocloroso

Padrão + 1 oxigênio

per...icoExemplo: HClO<sub>4</sub>:Ácido perclórico

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

# ROTEIRO DE AULA

## BASES

### Nomenclatura

Metal com NO<sub>x</sub> variável  
 $\text{Fe}(\text{OH})_2$  — hidróxido de ferro II  
 $\text{Ni}(\text{OH})_3$  — hidróxido de níquel III  
 $\text{Pb}(\text{OH})_4$  — hidróxido de chumbo IV

Metal com NO<sub>x</sub> fixo  
 Hidróxido + de + **nome do cátion**  
 $\text{NaOH}$   
 $\text{Mg}(\text{OH})_2$   
 $\text{Al}(\text{OH})_3$

Quanto à solubilidade:

Solúveis: IA

---

Parcialmente solúveis: IIA

---

Insolúveis: Restante

---

### Classificação

Quanto à força:

Bases fortes: IA e IIA

---

Bases fracas: Restante

---

Quanto ao número de hidroxilas:

1. Monobase

---

2. Dibase

---

3. Tribase

---

4. Polibase

---

Definição de Arrhenius

---

Dissociação  
 Exemplo:

$\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$

---

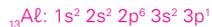
## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

**1. Urca-CE** – Um hidróxido hipotético possui formulação  $M(OH)_2$ . Com base nos conhecimentos básicos de química, marque a opção que indica o elemento químico que poderia substituir M na formulação em questão:

Dados: Na = 11, Al = 13, S = 16, K = 19, Ca = 20

- a) Na                      c) S                      e) Al  
 b) Ca                      d) K

Configuração eletrônica dos elementos químicos:



O cátion ligado ao grupo hidroxila ( $\text{OH}^-$ ) deverá apresentar carga 2+. Analisando as configurações eletrônicas, o cálcio (Ca) é o único que apresenta carga 2+.

**2. IFPE (adaptado)** – A chuva ácida é muito prejudicial para o meio ambiente e um dos fatores que mais contribuem para seu aparecimento é a queima de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo. Da queima desses combustíveis, dois subprodutos, enxofre e nitrogênio, reagem com o oxigênio do ar, formando os gases dióxido de enxofre e óxido de nitrogênio. Ao final do processo, formam-se os ácidos sulfúrico e nítrico. Represente as equações de ionização total com o nome do respectivo ânion formado dos ácidos nitroso e hipossulfuroso.




---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

**3. Centro Universitário-Católica de Santa Catarina C7-H24**

Em 2011, a Vigilância Sanitária do Rio Grande do Sul registrou 29 notificações de pessoas prejudicadas depois de consumirem um achocolatado industrializado. A empresa responsável pela produção do achocolatado apontou uma falha no processo de higienização do equipamento de envase do produto. Uma análise química mostrou que o produto contaminado apresentava o pH aproximadamente de 13. Queimaduras na boca e irritações no sistema digestivo foram observadas em pessoas que consumiram o produto.

Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/pepsico-afirma-quehouve-falha-no-caso-toddynho>>.

Acesso em: 6 maio 2014.

Em relação ao caso descrito anteriormente, considerando que a análise foi realizada a 25 °C, assinale a alternativa correta.

- a) O pH do produto contaminado equivale, aproximadamente, ao pH de uma solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .  
 b) O indicador fenolftaleína ficaria incolor em contato com o produto contaminado, a 25 °C, indicando um meio ácido.  
 c) A substância que causou a contaminação, seguramente, não iria reagir com o  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , a 25 °C.  
 d) O papel tornassol vermelho ficaria azul se fosse usado como indicador de meio, a 25 °C, para o produto contaminado, indicando um meio alcalino.  
 e) O produto utilizado para limpeza do equipamento de envase do produto contaminado, seguramente, continha algum ácido forte, a 25 °C.

O papel tornassol vermelho indica coloração vermelha para meio ácido e azul para meio básico.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

**4. Unita-SP** – Assinale a alternativa que indica corretamente os nomes dos compostos I a IV apresentados a seguir e a respectiva valência do ânion.



- a) I: ácido sulfídrico, bivalente; II: ácido sulfúrico, bivalente; III: ácido nítrico, monovalente; IV: ácido nitroso, monovalente.  
 b) I: ácido sulfúrico, bivalente; II: ácido sulfônico, bivalente; III: trióxido de nitrogênio, monovalente; IV: dióxido de nitrogênio, monovalente.  
 c) I: ácido sulfúrico, bivalente; II: ácido sulfídrico, bivalente; III: ácido nitroso, trivalente; IV: ácido nítrico, bivalente.  
 d) I: ácido sulfônico, monovalente; II: ácido sulfúrico, tetravalente; III: ácido nítrico, trivalente; IV: ácido nitroso, bivalente.  
 e) I: ácido sulfídrico, bivalente; II: ácido sulfúrico, bivalente; III: trióxido de nitrogênio, monovalente; IV: dióxido de nitrogênio, monovalente.



**5. PUC-PR** – Os itens a seguir apresentam diferentes substâncias químicas que são testadas com aparelhagem semelhante à utilizada por Arrhenius em seu notável experimento, o qual propiciou a proposição da teoria sobre a ionização e a dissociação iônica das substâncias inorgânicas.

- I.  $H_2SO_4$       IV.  $H_3PO_3$       VII.  $AgNO_3$   
 II.  $NaOH$       V.  $HNO_2$       VIII.  $Ca_3(PO_4)_2$   
 III.  $HClO$       VI.  $Fe(OH)_3$

Sobre as substâncias utilizadas, indique as bases, suas solubilidades e seus respectivos nomes

II)  $NaOH$  – hidróxido de sódio – solúvel

VI)  $Fe(OH)_3$  – hidróxido férrico – insolúvel

**6. UNIFAP** – Mesmo em locais não poluídos, a chuva contém ácido carbônico. Em locais poluídos, passam a estar presentes ácido nítrico e ácido sulfúrico, que dão origem ao fenômeno conhecido como chuva ácida. Considerando-se os ácidos citados no texto, podemos afirmar que suas fórmulas moleculares são, respectivamente,

- a)  $H_2CO_3$ ,  $HClO_2$  e  $H_2SO_4$   
 b)  $H_2CO_3$ ,  $HNO_2$  e  $H_3PO_4$   
 c)  $H_2CO_3$ ,  $HNO_3$  e  $H_2SO_4$   
 d)  $HClO_4$ ,  $H_3PO_4$  e  $HNO_2$   
 e)  $H_2CO_3$ ,  $HNO_2$  e  $H_2SO_3$

Ácido carbônico:  $H_2CO_3$

Ácido nítrico:  $HNO_3$

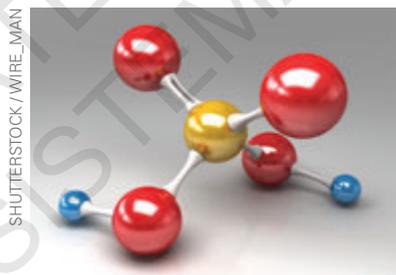
Ácido sulfúrico:  $H_2SO_4$

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. UDESC** – Os ácidos e as bases são muito comuns em nosso cotidiano: a bateria de um automóvel contém **ácido sulfúrico**; o ácido muriático, usado para a limpeza de pisos e azulejos, contém o **ácido clorídrico**; o amoníaco, utilizado para limpeza geral, contém **hidróxido de amônio**; o **hidróxido de magnésio** encontra-se presente no leite de magnésia, usado para combater a acidez estomacal. As fórmulas químicas associadas aos compostos destacados no texto anteriormente são, respectivamente,

- a)  $H_2SO_4$ ;  $HCl$ ;  $NH_4OH$ ;  $Mg(OH)_2$   
 b)  $H_2SO_3$ ;  $HCl$ ;  $NH_3OH$ ;  $MgOH$   
 c)  $H_2S$ ;  $HClO$ ;  $AmOH$ ;  $Mg(OH)_2$   
 d)  $H_2SO_4$ ;  $HClO_2$ ;  $NH_3OH$ ;  $MgOH$   
 e)  $H_2SO_3$ ;  $HClO$ ;  $NH_4OH$ ;  $Mg(OH)_2$

**8. Cefet-MG (adaptado)** – O ácido sulfúrico é um importante produto industrial utilizado na fabricação de fertilizantes, no processamento de minérios, entre outras aplicações. A sua composição pode ser representada de diferentes formas, entre elas, o modelo a seguir:



A fórmula química que representa a composição dessa substância é

- a)  $H_2SO_3$       c)  $H_2SO_5$       e)  $H_3PO_4$   
 b)  $H_2SO_4$       d)  $HSO_4$

**9. UFRGS-RS** – Os compostos inorgânicos encontram amplo emprego nas mais diversas aplicações.

Na coluna da esquerda a seguir, estão listados cinco compostos inorgânicos; na da direita, diferentes possibilidades de aplicação.

- 1)  $Mg(OH)_2$  ( ) Usado em baterias  
 2)  $HClO$  ( ) Antiácido  
 3)  $H_2SO_4$  ( ) Usado em refrigerantes  
 4)  $NaOH$  ( ) Usado em produtos de limpeza  
 5)  $H_3PO_4$

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) 5 – 1 – 3 – 4      d) 4 – 1 – 5 – 4  
 b) 1 – 2 – 3 – 5      e) 3 – 1 – 5 – 2  
 c) 3 – 4 – 1 – 2

**10. UFJF-MG** – Considere as substâncias puras  $KOH$  e  $HNO_3$  e suas propriedades apresentadas na Tabela 1 e responda aos itens a seguir.

Tabela 1: Propriedades físicas e químicas das substâncias puras  $KOH$  e  $HNO_3$

| Substância                             | $KOH$      | $HNO_3$    |
|--|------------|------------|
| Temperatura de fusão/ $^{\circ}C$      | 360        | -42        |
| Temperatura de ebulição                | 1 320      | 83         |
| Condutividade elétrica a $25^{\circ}C$ | não conduz | não conduz |

CRC Handbook of Chemistry and Physics, 95th Edition, William M. Haynes (ed.) 2014-2015.

a) Escreva o nome das substâncias e seus estados físicos a  $25^{\circ}C$ .

$KOH$        $HNO_3$

b) Quais são os tipos de ligação química existentes nas duas substâncias puras?

$KOH$        $HNO_3$

c) Escreva a fórmula estrutural do  $\text{HNO}_3$ .

---



---



---

d) Explique por que as duas substâncias puras não conduzem corrente elétrica.




---



---



---



---



---



---



---



---

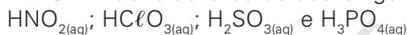


---



---

11. FEI-SP – Considere os ácidos oxigenados a seguir:



Seus nomes são, respectivamente,

- nitroso, clórico, sulfuroso, fosfórico.
- nítrico, clorídrico, sulfúrico, fosfórico.
- nítrico, hipocloroso, sulfuroso, fosforoso.
- nitroso, perclórico, sulfúrico, fosfórico.
- nítrico, cloroso, sulfídrico, hipofosforoso.

12. PUC-PR (adaptado) – Os itens a seguir apresentam diferentes substâncias químicas que são testadas com aparelhagem semelhante à utilizada por Arrhenius em seu notável experimento, o qual propiciou a proposição da teoria sobre a ionização das substâncias inorgânicas.

- I.  $\text{HClO}_2$                       III.  $\text{H}_2\text{SO}_3$                       V.  $\text{H}_3\text{BO}_3$   
 II.  $\text{HNO}_2$                       IV.  $\text{H}_3\text{PO}_4$

Dê o nome desses ácidos e seus respectivos ânions.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

13. UEPA – Em algumas regiões do país, não é raro encontrar ao mesmo tempo condições aeróbicas e anaeróbicas em partes diferentes de um mesmo lago, particularmente no verão, devido à ocorrência de um fenômeno conhecido como estratificação, ocasionado pela diferença de temperatura da água. As espécies químicas que estão presentes nas camadas diferenciadas do lago são mostradas na figura a seguir.

| Atmosfera             |                    |                         |                        |
|-----------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| Condições aeróbicas   | $\text{CO}_2$      | $\text{H}_2\text{CO}_3$ | $\text{HCO}_3^-$       |
|                       | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{NO}_3^-$         | $\text{Fe(OH)}_{3(s)}$ |
| Condições anaeróbicas | $\text{CH}_4$      | $\text{H}_2\text{S}$    | $\text{NH}_3$          |
|                       | $\text{NH}_4^+$    | $\text{Fe}^{2+(aq)}$    |                        |

Fonte: Revista QNE, Nº 22, novembro 2005.

Pode-se observar na figura que, nas condições aeróbicas, têm-se espécies oxidadas e, perto do fundo, têm-se as condições anaeróbicas e as espécies na forma mais reduzida dos mesmos elementos. Sobre as propriedades ácidas e básicas das espécies presentes no lago, é correto afirmar que a espécie

- $\text{Fe(OH)}_3$  é uma base forte.
- $\text{H}_2\text{CO}_3$  é um ácido forte.
- $\text{Fe}^{2+}$  forma o hidróxido férrico.
- $\text{Fe(OH)}_3$  é o hidróxido ferroso.
- $\text{Fe(OH)}_3$  é insolúvel em água.

14. PUC-RJ (adaptado) – O elemento iodo é um sólido que sublima na temperatura ambiente e que foi descoberto em 1811, por Bernard Courtois. Sobre as características desse elemento e suas propriedades, dê os possíveis ácidos (hidrácido e/ou oxiácido) formados por esse elemento.

---



---



---



---

15. PUC-MG (adaptado) – A tabela apresenta algumas aplicações de alguns ácidos:

| Nomes dos ácidos  | Algumas aplicações               | Fórmula                        |
|-------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Ácido hipocloroso | Desinfetante                     | HClO                           |
| Ácido fosfórico   | Usado como acidulante            | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> |
| Ácido sulfúrico   | Desidratação, solução de bateria | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |
| Ácido perclórico  | Explosivos                       | HClO <sub>4</sub>              |

As fórmulas dos ácidos clórico, hipofosforoso, sulfuroso e clorídrico são, respectivamente,

- a) HClO<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> e HCl.  
 b) HClO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e HCl.

- c) HClO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> e HCl.  
 d) HClO<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> e Cl<sub>2</sub>.  
 e) HClO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> e HOCl.

16. PUCCamp-SP (adaptado) – O pó de ocre é uma mistura de minerais que contém ferro, cujas cores podem variar dependendo de sua composição. O marrom-ocre é obtido principalmente pela limonita, Fe(OH)<sub>3</sub> · n H<sub>2</sub>O. O vermelho-ocre vem da hematita, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Já o amarelo-ocre pode ser goethita, FeO(OH), limonita ou uma mistura de ambos. Sobre a limonita, represente a equação de dissociação iônica e a nomenclatura IUPAC.

17. IFRR – O nome do ácido está corretamente relacionado em

- a) HClO – ácido cloroso.  
 b) HNO<sub>3</sub> – ácido nitroso.  
 c) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> – ácido fosforoso.  
 d) H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> – ácido sulfúrico.  
 e) HClO<sub>3</sub> – ácido clórico.

## ESTUDO PARA O ENEM

18. Unitins-TO C5-H17

Ácidos são substâncias químicas que se fazem presentes no nosso dia a dia. Como exemplo, tem-se o ácido sulfúrico, que pode ser utilizado na fabricação de fertilizantes; para limpeza de pisos, o ácido muriático é usado; para bebidas gaseificadas, emprega-se o ácido carbônico, formado pela reação da água com gás carbônico. Esses ácidos podem ser representados pelas seguintes fórmulas moleculares, respectivamente,

- a) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; HCl; H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>      d) H<sub>2</sub>SO<sub>2</sub>; HClO<sub>2</sub>; H<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>  
 b) H<sub>2</sub>S; HF; H<sub>2</sub>CO      e) H<sub>2</sub>S; HBr; H<sub>2</sub>CO  
 c) H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>; HI; H<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>

19. IFMT C5-H17

Os antiácidos são medicamentos que aumentam o pH gástrico, neutralizando o ácido clorídrico (HCl) liberado pelas células gástricas (células parietais). São amplamente empregados na medicina humana (automedicação). O autodiagnóstico com subsequente automedicação é perigoso, uma vez que o problema pode resultar em uma úlcera péptica ou uma neoplasia estomacal.

Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/ficheiro>>. Acesso em: 4 fev. 2014.

Os antiácidos de que trata o texto anterior são substâncias químicas cuja função é neutralizar o pH. Assinale a fórmula molecular que representa simbolicamente o antiácido.

- a) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>      d) Al(OH)<sub>3</sub>  
 b) H<sub>2</sub>S      e) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH  
 c) H<sub>3</sub>CCOOH

20. IFC-SC C5-H17

No mês de agosto de 2014, noticiários informaram novos casos de adulteração do leite em cidades de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. Especialistas constataram indícios de adição de água e de produtos químicos potencialmente nocivos à saúde humana, como hidróxido de sódio e peróxido de hidrogênio. Sobre o hidróxido de sódio, também conhecido como soda cáustica, assinale a alternativa que apresenta a sua fórmula química correta:

- a) LiOH      c) KOH  
 b) Mg(OH)<sub>2</sub>      d) NaOH

# FUNÇÕES INORGÂNICAS: SAIS

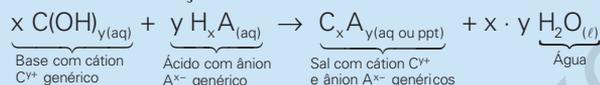
# 4

## Sais

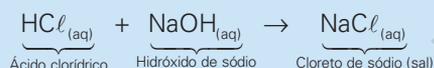
### DEFINIÇÃO SEGUNDO ARRHENIUS

Sais são compostos iônicos formados pela reação de um ácido e uma base (reação de neutralização), que em solução aquosa sofrem dissociação e liberam pelo menos um cátion diferente de  $\text{H}_3\text{O}^+$  ( $\text{H}^+$ ) e pelo menos um ânion diferente de hidroxila,  $\text{OH}^-$ .

Equação geral de neutralização:

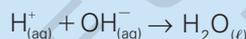


#### Exemplo



## Reação de neutralização total

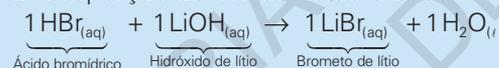
Em uma reação de neutralização, o íon  $\text{H}^+$  (lembre-se de que  $\text{H}^+$  é a representação simplificada que estamos fazendo para o íon  $\text{H}_3\text{O}^+$ ), proveniente do ácido, reage com as hidroxilas ( $\text{OH}^-$ ), provenientes das bases, com o intuito de se neutralizarem, formando a água.



A reação de **neutralização total** consiste em fazer reagir todos os íons  $\text{H}^+$  com as hidroxilas ( $\text{OH}^-$ ), originando, além da água, um sal denominado neutro ou comum. O sal formado nesse processo é denominado sal neutro ou normal.

#### Exemplos

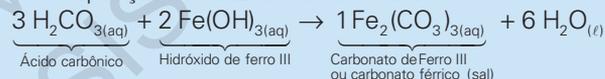
1. Proporção de 1:1 de ácido e base



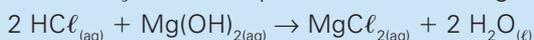
2. Proporção de 2:1 de ácido e base



3. Proporção de 3:2 de ácido e base



Os alimentos sofrem digestão no estômago, onde o pH é por volta de 2. Tem-se esse valor de pH em razão da presença do ácido clorídrico, cuja concentração é de aproximadamente 0,02 mol/L. Quando, por algum motivo, o indivíduo passa a produzir excesso de ácido clorídrico, é necessário neutralizá-lo. O leite de magnésia é o nome comercial para a suspensão de hidróxido de magnésio ( $\text{Mg(OH)}_2$ ), que pode ser usado como antiácido estomacal ou laxante. A ação antiácida se dá pela reação de neutralização do  $\text{HCl}$  presente no estômago de acordo com a seguinte reação:



- Reação de neutralização total
- Reação de neutralização parcial
- Nomenclatura de sais

#### HABILIDADES

- Reconhecer a ocorrência de uma reação química por meio da descrição de experimentos.
- Representar por equações iônicas, devidamente balanceadas, reações de neutralização.
- Conhecer os principais sais inorgânicos e suas características em meio aquoso.

O cloreto de magnésio formado ( $MgCl_2$ ) tem a propriedade de reter água (higroscópico), dificultando a sua entrada em nosso organismo, tendo um efeito laxante.

## Reação de neutralização parcial

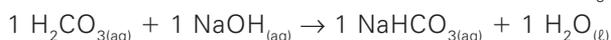
As reações de neutralização são consideradas parciais, quando **não** ocorre um consumo total de  $H^+$  ou  $OH^-$ . Os sais formados serão denominados sais ácidos (hidrogenossal) ou básicos (hidroxissal).

### REAÇÃO DE NEUTRALIZAÇÃO PARCIAL DO ÁCIDO

Na neutralização parcial dos ácidos, os hidrogênios ionizáveis não são todos neutralizados, gerando, assim, um hidrogenossal.

**Exemplo 1:** Reação de 1 mol de  $H_2CO_3$  com 1 mol de NaOH

Quando 1 mol de  $H_2CO_3$  (2  $H^+$ ) reage com 1 mol de NaOH (1  $OH^-$ ), ocorre a formação de apenas 1 mol de  $H_2O$  com a sobra de um hidrogênio, não consumido, do ácido. Nessa reação, origina-se um sal ácido ( $NaHCO_3$ ).



Ácido carbônico  $\left\{ \begin{array}{l} \text{- carbonato ácido de sódio} \\ \text{- hidrogeno carbonato de sódio} \\ \text{- bicarbonato de sódio} \end{array} \right.$

#### Observação

O prefixo **bi** do ânion bicarbonato indica que o ácido de origem é um oxiácido e que possui dois hidrogênios ionizáveis (nomenclatura usual).

**Exemplo 2:** Reação de 1 mol de  $H_3PO_4$  com 1 mol de NaOH

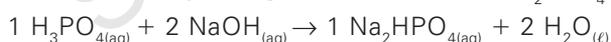
Quando 1 mol de  $H_3PO_4$  (3  $H^+$ ) reage com 1 mol de NaOH (1  $OH^-$ ), ocorre a formação de apenas 1 mol de  $H_2O$  com a sobra de dois hidrogênios, não consumidos do ácido. Nessa reação, origina-se um sal ácido ( $NaH_2PO_4$ ).



Ácido fosfórico  $\left\{ \begin{array}{l} \text{- fosfato diácido de sódio} \\ \text{- dihidrogeno fosfato de sódio} \end{array} \right.$

**Exemplo 3:** Reação de 1 mol de  $H_3PO_4$  com 2 mols de NaOH

Quando 1 mol de  $H_3PO_4$  (3  $H^+$ ) reage com 2 mol de NaOH (2  $OH^-$ ), ocorre a formação de 2 mols de  $H_2O$  com a sobra de um hidrogênio, não consumido, do ácido. Nessa reação, origina-se um sal ácido ( $Na_2HPO_4$ ).

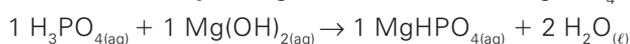


Ácido fosfórico  $\left\{ \begin{array}{l} \text{- fosfato ácido de sódio} \\ \text{- hidrogeno fosfato de sódio} \end{array} \right.$

**Exemplo 4:** Reação de 1 mol de  $H_3PO_4$  com 1 mol de  $Mg(OH)_2$

Quando 1 mol de  $H_3PO_4$  (3  $H^+$ ) reage com 1 mol de  $Mg(OH)_2$  (2  $OH^-$ ), ocorre a formação de 2 mol de  $H_2O$

com a sobra de um hidrogênio, não consumido, do ácido. Nessa reação, origina-se um sal ácido ( $MgHPO_4$ ).



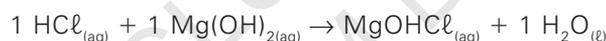
Ácido fosfórico  $\left\{ \begin{array}{l} \text{- fosfato ácido de magnésio} \\ \text{- hidrogeno fosfato de magnésio} \end{array} \right.$

### REAÇÃO DE NEUTRALIZAÇÃO PARCIAL DA BASE

Na reação de neutralização parcial de uma base, as hidroxilas ( $OH^-$ ) são totalmente consumidas, originando sais básicos ou hidroxissais.

**Exemplo 1:** Reação de 1 mol de HCl com 1 mol de  $Mg(OH)_2$

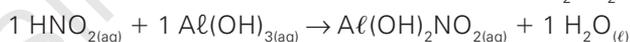
Quando 1 mol de HCl (1  $H^+$ ) reage com 1 mol de  $Mg(OH)_2$  (2  $OH^-$ ), ocorre a formação de apenas 1 mol de  $H_2O$  com a sobra de uma hidroxila, não consumida, da base. Nessa reação, origina-se um sal básico ( $MgOHCl$ ).



Ácido clorídrico  $\left\{ \begin{array}{l} \text{- cloreto básico de magnésio} \\ \text{- hidroxido cloreto de magnésio} \end{array} \right.$

**Exemplo 2:** Reação de 1 mol de  $HNO_2$  com 1 mol de  $Al(OH)_3$

Quando 1 mol de  $HNO_2$  (1  $H^+$ ) reage com 1 mol de  $Al(OH)_3$  (3  $OH^-$ ), ocorre a formação de apenas 1 mol de  $H_2O$  com a sobra de duas hidroxilas, não consumidas da base. Nessa reação, origina-se um sal básico ( $Al(OH)_2NO_2$ ).



Ácido nitroso  $\left\{ \begin{array}{l} \text{- nitrito dibásico de alumínio} \\ \text{- dihidroxido nitrito de alumínio} \end{array} \right.$

## Nomenclatura dos sais NORMAIS OU NEUTROS

São formados por meio da neutralização total.

Na nomenclatura dos sais normais, usa-se o nome do ânion seguido do nome do cátion.

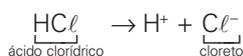
#### (Nomenclatura do ânion) + de + (nomenclatura do cátion)

Lembrando, sempre, que, se o cátion for um metal cuja carga é variável, deve-se indicar qual é o metal presente na fórmula. Pode-se indicar a carga por meio de algarismos romanos ou com a alteração do sufixo, **ico**, para as maiores cargas, e **oso**, para as menores cargas.

A nomenclatura dos ânions depende da nomenclatura dos ácidos, como vimos anteriormente, e segue o seguinte padrão:

| Sufixo dos ácidos | Sufixo dos ânions |
|-------------------|-------------------|
| oso               | ito               |
| ico               | ato               |
| ídrico            | eto               |

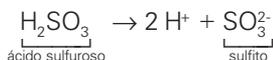
Da aplicação da tabela, decorrem os exemplos:



$\text{NaCl}$  – cloreto de sódio

$\text{KCl}$  – cloreto de potássio

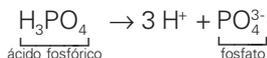
$\text{AlCl}_3$  – cloreto de alumínio



$\text{Na}_2\text{SO}_3$  – sulfito de sódio

$\text{CaSO}_3$  – sulfito de cálcio

$\text{Al}_2(\text{SO}_3)_3$  – sulfito de alumínio



$\text{Na}_3\text{PO}_4$  – fosfato de sódio

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  – fosfato de cálcio

Tabela dos principais ânions

| MONOVALENTES              |  |
|---------------------------|--|
| $\text{Cl}^-$             | Cloreto  |
| $\text{Br}^-$             | Brometo  |
| $\text{I}^-$              | Iodeto   |
| $\text{F}^-$              | Fluoreto   |
| $\text{ClO}^-$            | Hipoclorito  |
| $\text{ClO}_2^-$          | Clorato  |
| $\text{ClO}_3^-$          | Perclorato   |
| $\text{ClO}_4^-$          | Hipobromito  |
| $\text{BrO}^-$            | Bromito  |
| $\text{BrO}_2^-$          | Bromato  |
| $\text{BrO}_3^-$          | Nitrito  |
| $\text{NO}_2^-$           | Nitrato  |
| $\text{NO}_3^-$           | Metafosfato  |
| $\text{PO}_3^-$           | Hipofosfito  |
| $\text{H}_2\text{PO}_2^-$ | Hidrogenossulfito ou sulfito ácido ou bissulfito     |
| $\text{HSO}_3^-$          | Hidrogenossulfato ou sulfato ácido ou bissulfato     |
| $\text{HSO}_4^-$          | Hidrogenocarbonato ou bicarbonato ou carbonato ácido |
| $\text{HCO}_3^-$          | Diidrogenofosfato ou fosfato diácido ato             |
| $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ | Diidrogenofosfato ou fosfato diácido                 |

## DIVALENTES

|                     |                                   |
|---------------------|-----------------------------------|
| $\text{S}^{2-}$     | Sulfeto                           |
| $\text{SO}_3^{2-}$  | Sulfito                           |
| $\text{SO}_4^{2-}$  | Sulfato                           |
| $\text{HPO}_3^{2-}$ | Fosfito                           |
| $\text{HPO}_4^{2-}$ | Hidrogenofosfato ou fosfato ácido |

## TRIVALENTES

|                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| $\text{PO}_4^{3-}$ | Ortofosfato (fosfato) |
|--------------------|-----------------------|

## HIDROGENOSSAIS

A nomenclatura dos sais ácidos é semelhante à dos sais normais, acrescida das expressões **(mono) ácido, diácido...**, que indicam o número de  $\text{H}^+$  após o nome do ânion, ou as expressões **(mono) hidrogeno, diidrogeno** antes do nome do ânion.

$\text{NaH}_2\text{PO}_4$  – fosfato diácido de sódio ou diidrogenofosfato de sódio

Os sais ácidos derivados dos diácidos são também chamados bissais:

$\text{NaHSO}_4$  – sulfato ácido de sódio ou hidrogenossulfato de sódio ou bissulfato de sódio.

$\text{NaHCO}_3$  – carbonato ácido de sódio ou hidrogenocarbonato de sódio ou bicarbonato de sódio.

## HIDROXISSAIS

A nomenclatura dos sais básicos é semelhante à dos sais ácidos, apenas se substitui a palavra **hidrogeno** por **hidroxi** ou a palavra **ácido** por **básico**, as quais indicam o número de  $\text{OH}^-$ :

$\text{Ca(OH)Cl}$  – cloreto básico de cálcio ou hidroxicloreto de cálcio

$\text{Al(OH)}_2\text{Br}$  – brometo dibásico de alumínio ou diidroxibrometo de alumínio

## HIDRATADOS

Usa-se a nomenclatura dos sais normais e indica-se a quantidade de moléculas de água na hidratação:

$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  – sulfato cúprico pentahidratado

$\text{CuCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  – cloreto cúprico dihidratado

# ROTEIRO DE AULA

## SAIS DEFINIÇÃO DE ARRHENIUS



## ROTEIRO DE AULA

NOMENCLATURA  
DOS SAIS

Ácido com nomenclatura:

...ico

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Sal com  
nomeclatura:  
... ato

Exemplo

$\text{KNO}_3$

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ácido com  
nomenclatura:  
... oso

Sal com nomeclatura:

... ito

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Exemplo

$\text{NaNO}_2$

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ácido com nomenclatura:

...ídrico

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Sal com  
nomeclatura:  
... eto

Exemplo

$\text{Li}_2\text{S}$

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

**1. Famerp-SP** – Sulfato de amônio e nitrato de potássio são compostos \_\_\_\_\_, classificados como \_\_\_\_\_, amplamente empregados na composição de \_\_\_\_\_.

As lacunas do texto devem ser preenchidas por

- a) iônicos – óxidos – fertilizantes.  
**b) iônicos – sais – fertilizantes.**  
 c) iônicos – sais – xampus.  
 d) moleculares – óxidos – fertilizantes.  
 e) moleculares – sais – xampus.

Sulfato de amônio ( $\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  e nitrato de potássio  $\text{KNO}_3$  são compostos iônicos (sais), ou seja, o cátion proveniente da base e o ânion proveniente do ácido unem-se por meio de ligações iônicas e isso se dá pelo fato de ocorrer uma reação de neutralização. São compostos empregados na composição dos fertilizantes.

**2. Ueap (adaptado)** – Os alvejantes são soluções constituídas por hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ) e outras substâncias, normalmente utilizadas para o branqueamento de tecidos e para a limpeza de ambientes. As soluções de  $\text{NaClO}$  podem ter concentrações variadas, dependendo do seu uso. Industrialmente, os alvejantes podem ser obtidos por diferentes processos químicos, dependendo das matérias-primas disponíveis e das questões econômicas envolvidas. Escreva a equação química da reação de neutralização total do ácido com a base para a formação do  $\text{NaClO}$ .

Ácido:  $\text{HClO}$  – ácido hipocloroso

Base:  $\text{NaOH}$  – hidróxido de sódio

Reação de neutralização total:

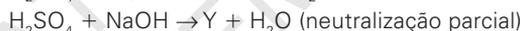
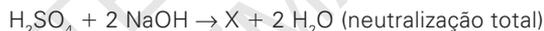
1 mol de ácido para 1 mol de base

$\text{HClO} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$

**3. UERJ**

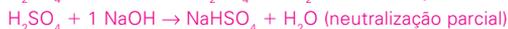
C7-H25

Um caminhão transportando ácido sulfúrico capotou, derramando-o na estrada. O ácido foi totalmente neutralizado por uma solução aquosa de hidróxido de sódio. Essa neutralização pode ser corretamente representada pelas equações a seguir.



As substâncias X e Y são, respectivamente,

- a)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  /  $\text{NaHSO}_4$       d)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  /  $\text{NaHSO}_3$   
 b)  $\text{NaHSO}_4$  /  $\text{Na}_2\text{SO}_3$       e)  $\text{NaHSO}_3$  /  $\text{Na}_2\text{SO}_4$   
 c)  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  /  $\text{Na}_2\text{SO}_4$



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

**4. UFJF-MG** – Sais inorgânicos constituídos por cátions e ânions de carga unitária dissociam-se quase completamente, já sais contendo cátions e ânions com uma carga  $\geq 2$  estão muito menos dissociados. Com base nessa informação, marque a alternativa na qual está o sal cuja solução deve apresentar a maior quantidade de íon metálico livre.

- a) Fluoreto de magnésio  $\text{MgF}_2$  ( $\text{Mg}^{2+}$   $\text{F}^{-}$ )  
 b) Sulfato de sódio  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ( $\text{Na}^+$   $\text{SO}_4^{2-}$ )  
 c) Nitrato de alumínio  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  ( $\text{Al}^{3+}$   $\text{NO}_3^-$ )  
**d) Cloreto de potássio  $\text{KCl}$  ( $\text{K}^+$   $\text{Cl}^-$ )**  
 e) Fosfato de lítio  $\text{Li}_3\text{PO}_4$  ( $\text{Li}^+$   $\text{PO}_4^{3-}$ )

**5. UEPG-PR** – Identifique, entre as alternativas a seguir, aquela(s) que traz(em) o(s) nome(s) correto(s) para cada um dos sais apresentados.

- 01)  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  é o nitrato de cálcio.  
 02)  $\text{CuSO}_4$  é o sulfato de cobre I.  
**04)  $\text{K}_3\text{PO}_4$  é o fosfato de potássio.**  
**08)  $\text{NaBr}$  é o brometo de sódio.**  
 16)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  é o sulfato de ferro II.

12 (04 + 08)

01) Incorreta.  $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$  é o nitrito de cálcio.

02) Incorreta.  $\text{CuSO}_4$  é o sulfato de cobre II.

04) Correta.  $\text{K}_3\text{PO}_4$  é o fosfato de potássio.

08) Correta.  $\text{NaBr}$  é o brometo de sódio.

16) Incorreta.  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  é o sulfato de ferro III.

**6. Cefet-MG** – A equação que representa uma reação de neutralização é

- a)  $\text{HI}_{(\text{aq})} + \text{KOH}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{KI}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$   
 b)  $\text{Zn}_{(\text{s})} + 2 \text{HCl}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{ZnCl}_{2(\text{aq})} + \text{H}_{2(\text{g})}$   
 c)  $\text{Na}_{(\text{s})} + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)} \rightarrow \text{NaOH}_{(\text{aq})} + \frac{1}{2} \text{H}_{2(\text{g})}$   
 d)  $\text{HNO}_{3(\ell)} + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}_{(\text{aq})}^+ + \text{NO}_{3(\text{aq})}^-$

A reação de neutralização ocorre entre um ácido e uma base, produzindo um tipo de sal e água.



## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. IFPE** – Fertilizantes são substâncias ou misturas que repõem, no solo, os nutrientes removidos pelas plantas ou adicionam nutrientes indispensáveis ao solo para que ele se torne produtivo ou aumente sua capacidade de produção. Atualmente, são utilizadas centenas de substâncias químicas fundamentais, a

partir de matérias-primas obtidas de várias fontes. Entre os compostos encontrados nos fertilizantes, destacamos o cloreto de potássio, o fosfato de cálcio e o nitrato de sódio. Assinale a alternativa com as substâncias mencionadas, respectivamente, com as suas formulações corretas.

- a)  $KClO$ ;  $Ca_3(PO_3)_2$ ;  $NaNO_2$       d)  $KClO$ ;  $Ca(PO_4)_2$ ;  $NaNO_3$   
 b)  $KCl$ ;  $Ca_2(PO_4)_3$ ;  $NaNO_2$       e)  $KCl$ ;  $Ca_3(PO_3)_2$ ;  $NaNO_2$   
 c)  $KCl$ ;  $Ca_3(PO_4)_2$ ;  $NaNO_3$

8. **UECE** – O quadro a seguir contém as cores das soluções aquosas de alguns sais.

| Nome                  | Fórmula    | Cor     |
|-----------------------|------------|---------|
| Sulfato de cobre (II) | $CuSO_4$   | azul    |
| Sulfato de sódio      | $Na_2SO_4$ | incolor |
| Cromato de potássio   | $K_2CrO_4$ | amarela |
| Nitrato de potássio   | $KNO_3$    | incolor |

Os íons responsáveis pelas cores amarela e azul são, respectivamente,

- a)  $CrO_4^{2-}$  e  $SO_4^{2-}$       c)  $CrO_4^{2-}$  e  $Cu^{2+}$   
 b)  $K^+$  e  $Cu^{2+}$       d)  $K^+$  e  $SO_4^{2-}$

### 9. Univiçosa-MG

O sal iodado é aquele em que foi adicionado iodo, ou na forma de **iodeto** (iodetado), normalmente iodeto de potássio, ou na forma de **iodato** (iodatado), normalmente iodato de potássio. O iodo serve para prevenir distúrbios causados pela supressão desse elemento de nossa alimentação, os chamados DDIs. DDIs (Distúrbios por Deficiência de Iodo) são problemas de saúde, tais como bócio, abortos prematuros, retardos mentais etc. Para consumo humano, é considerada adequada, para um adulto, a ingestão de 0,15 mg de iodo por dia. Assinale a opção que contém a fórmula do iodeto de potássio e do iodato de potássio, respectivamente.



- a)  $KI$  e  $KIO_3$       c)  $KIO$  e  $KI$   
 b)  $KIO_3$  e  $KI$       d)  $KI_2$  e  $KIO$

10. **PUC-SP (adaptado)** – Leia a situação descrita a seguir. Em determinado experimento no laboratório de química de sua escola, um estudante preparou duas reações químicas envolvendo ácidos e bases. Na primeira, reagiu em meio aquoso ácido fosfórico com hidróxido de cálcio e, na segunda, também em meio aquoso, reagiu ácido sulfúrico com hidróxido de bário. Os sais formados foram testados como eletrólitos.

- a) Dê as equações de neutralização total.

- b) Dê os nomes dos sais formados.

11. **Unirg-TO (adaptado)** – O  $Mg(OH)_2$  pode ser usado para neutralizar excesso de  $HCl$  presente no suco gástrico. Considerando a equação balanceada com os menores coeficientes inteiros possíveis para essa reação, são feitas as seguintes afirmações:

- I. O valor da soma dos coeficientes dos reagentes dessa reação é igual a 3.

- II. Um dos produtos formados por meio dessa reação é o sal cloreto de magnésio,  $MgCl_2$ .  
 III. Ocorre uma reação de neutralização envolvendo uma base fraca e um ácido fraco.  
 IV. Houve uma reação de neutralização parcial para a formação do sal.

Assinale a única alternativa correta.

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

### 12. Unemat-MT (adaptado)

O cromo é um elemento raramente encontrado em águas naturais não poluídas. O Cr III presente nas águas decorre principalmente do lançamento de curtumes. A presença de CrVI é atribuída a despejos industriais que utilizam processos de piquelagem e cromagem de metais, galvanoplastias, indústrias de corantes, explosivos, cerâmica, vidro, papel etc., sendo este 100 vezes mais tóxico que o Cr III devido a sua solubilidade.

*Revista brasileira de produtos agroindustriais*, v. 11, n. 2, p. 171-180, 2009.

Indique os possíveis sais formados quando o  $HCl$  reage com as bases formadas por Cr III e CrVI, respectivamente.

13. **IMED-RS** – Considerando o produto da reação, o  $NaCl$ , assinale a alternativa correta.

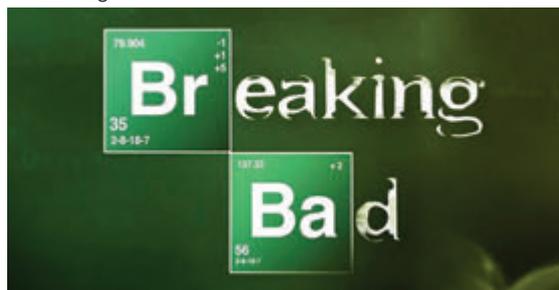
Dados:

Distribuição eletrônica do Na:  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^1$ .

Distribuição eletrônica do Cl:  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^5$ .

- a) O sal formado é um hidrogenossal.  
 b) A reação de formação do sal é do tipo de decomposição.  
 c) A ligação do  $NaCl$  é do tipo iônica.  
 d) O  $NaCl$  é formado em uma reação de neutralização parcial.

14. **Fatec-SP (adaptado)** – Considere os elementos químicos e seus respectivos números atômicos, representados na figura.



Disponível em: <<http://tinyurl.com/kun3zgs>>. Acesso em: 30 ago. 2014.

Esses elementos podem formar o composto  $BaBr_2$ . Indique a reação e o nome da reação, para a formação do referido composto.

**15. UCB-DF (adaptado)** – Grande parte dos fenômenos químicos de importância ocorre em fase condensada, principalmente em ambiente aquoso. Em relação à água, às grandezas e às propriedades dos fenômenos químicos em solução aquosa, assinale a alternativa correta.

- a) Um ácido de Arrhenius, como  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ , produz moléculas de hidroxila em presença de água.
- b) Quanto mais forte for um ácido, menor será a quantidade de  $\text{H}^+$ .
- c) 1 mol de ácido sulfúrico, ao reagir com 1 mol de hidróxido de sódio, forma o bissulfato de sódio por reação de neutralização parcial.
- d) A ingestão de um medicamento essencialmente composto por hidróxido de alumínio tem como objetivo a neutralização de excesso de ácido clorídrico no estômago. A equação química que expressa essa reação é a seguinte:  

$$\text{AlOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{AlCl} + \text{H}_2\text{O}$$
- e) O  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  é considerado uma base de Arrhenius por possuir em sua molécula  $\text{H}^+$ .

**16. IFRS (adaptado)** – É comum que os competidores da ginástica olímpica passem pó de magnésio nas mãos, nas provas de barra, para evitar lesões e dar aderência durante os movimentos. A fórmula dessa substância química é  $\text{MgCO}_3$ . Com relação a esse composto, dê a reação de neutralização para a formação desse sal e o seu nome.

**17. Ueap** – Nitrato de ferro (III), ou nitrato férrico, é acrescentado em certas argilas, tendo-se mostrado útil como oxidante em síntese orgânica. Soluções desse sal são usadas por joalheiros e metalúrgicos para, de modo seguro e limpo, gravar prata e ligas de prata. O nitrato de ferro (III), quando dissociado em água, pode ser representado por

- a)  $3 \text{Fe}^+ + \text{NO}_3^{3-}$   
 b)  $\text{Fe}^{3+} + 3 \text{NO}_3^{-}$   
 c)  $\text{Fe}^{3+} + \text{NO}_3^{3-}$   
 d)  $\text{Fe}^{3+} + 3 \text{NO}_3^{2-}$   
 e)  $\text{Fe}^{2+} + \text{NO}_3^{2-}$

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. IFTO

C7-H25

Um emprego interessante da reação de neutralização total é o seguinte: nosso estômago contém suco gástrico, que é necessário à digestão dos alimentos. Trata-se de uma solução ácida, pois contém ácido clorídrico. Em consequência de doenças ou tensões nervosas, a quantidade de ácido no estômago pode aumentar, causando os sintomas conhecidos por azia. Certos medicamentos combatem a azia; eles contêm bases fracas, como o hidróxido de magnésio (que existe no leite de magnésia). A reação que representa o fenômeno anterior é

- a)  $\text{HCl} + \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgCl} + 2 \text{H}_2\text{O}$   
 b)  $\text{HCl} + \text{Mg}(\text{OH}) \rightarrow \text{MgCl} + \text{H}_2\text{O}$   
 c)  $2 \text{HCl} + \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$   
 d)  $2 \text{HCl} + \text{Mg}(\text{OH}) \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 e)  $\text{HCl} + \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

### 19. Enem (adaptado)

C7-H25

Realizou-se um experimento, utilizando-se o esquema mostrado na figura, para medir a condutibilidade elétrica de soluções. Foram montados cinco kits, contendo, cada um, três soluções de mesma concentração, sendo uma de ácido, uma de base e outra de sal, resultante das soluções 1 e 2. Os kits analisados pelos alunos foram:

| Kit | Solução 1               | Solução 2                              | Solução 3 (1 + 2)            |
|-----|-------------------------|--|------------------------------|
| 1   | $\text{H}_3\text{BO}_3$ | $\text{Mg}(\text{OH})_2$               | $\text{MgBO}_3$              |
| 2   | $\text{H}_3\text{PO}_4$ | $\text{Ca}(\text{OH})_2$               | $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ |
| 3   | $\text{H}_2\text{SO}_4$ | $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | $\text{NH}_4\text{SO}_4$     |
| 4   | $\text{HClO}_4$         | $\text{NaOH}$                          | $\text{NaCl}$                |
| 5   | $\text{HNO}_3$          | $\text{Zn}(\text{OH})_2$               | $\text{Zn}_2\text{NO}_3$     |

Qual dos kits analisados representa a fórmula correta do sal?

- a) Kit 1                      c) Kit 3                      e) Kit 5  
 b) Kit 2                      d) Kit 4

### 20. Fatec-SP

C7-H25

Estima-se que cerca de um bilhão de pessoas sofram com a falta de água potável no mundo. Para tentar combater esse tipo de problema, uma empresa desenvolveu um purificador de água distribuído na forma de um sachê que é capaz de transformar dez litros de água contaminada em dez litros de água potável. Os principais componentes do sachê são sulfato de ferro (III) e hipoclorito de cálcio. Para purificar a água, o conteúdo do sachê deve ser despejado em um recipiente com dez litros de água não potável. Depois, é preciso mexer a mistura por cinco minutos, para ocorrer a união dos íons cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e dos íons sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), produzindo sulfato de cálcio, que vai ao fundo do recipiente juntamente com a sujeira. Em seguida, a água deve ser passada por um filtro, que pode ser até mesmo uma camiseta de algodão limpa. Para finalizar, deve-se esperar por 20 minutos para que ocorra a ação bactericida dos íons hipoclorito,  $\text{ClO}^{1-}$ .

Assim, em pouco tempo, uma água barrenta ou contaminada transforma-se em água limpa para o consumo.

Disponível em: <<http://tinyurl.com/y7gdw9qx>>. Acesso em: 13 nov. 2017. Adaptado.

Assinale a alternativa que contém a fórmula correta do sulfato de cálcio.

- a)  $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$   
 b)  $\text{Ca}_3(\text{SO}_4)_2$   
 c)  $\text{CaSO}_4$   
 d)  $\text{Ca}_2\text{SO}_4$   
 e)  $\text{Ca}_4\text{SO}$

# FUNÇÕES INORGÂNICAS: SAIS - SOLUBILIDADE; ÓXIDOS - DEFINIÇÃO E NOMENCLATURA

## SAIS

### SOLUBILIDADE

#### Quanto à solubilidade em água

Como há grande variedade de sais na natureza, podemos construir classificações de acordo com uma série de critérios. Dentre os critérios de classificação dos sais, a solubilidade é um dos mais importantes.

Quando o sal é adicionado à água, as moléculas polares tendem a envolver os íons, o que enfraquece a ligação iônica existente no sólido. Dessa forma, o sal dissolve-se na água por dissociação iônica.

Mas há sais em que a ligação iônica é muito forte e não ocorre a dissolução com grande intensidade. Sais desse tipo são considerados **pouco solúveis** ou **insolúveis**. A maioria dos sais é solúvel.

Dizemos que um sal é solúvel quando ele apresenta elevado grau de dissociação iônica, ou seja, gerando uma solução com alta concentração de íons, sendo, portanto, considerado bom eletrólito. Já o sal considerado insolúvel apresenta baixo grau de dissociação iônica, ou seja, apresenta baixa concentração de íons em solução, sendo, portanto, eletrólito fraco.

#### Observação

Em química, não existe substância insolúvel, na verdade, quando dizemos que uma substância é insolúvel, significa que sua solubilidade em água é muito baixa.

A seguir, é apresentada uma tabela que indica a solubilidade dos sais em água (a 25 °C e 1,0 atm).

| Sal   | Solubilidade | Principais exceções  |
|---|--------------|--|
| Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), cloratos ( $\text{ClO}_3^-$ ) e acetatos ( $\text{CH}_3\text{-COO}^-$ ) | solúveis     | —  |
| Cloretos ( $\text{Cl}^-$ ), brometos ( $\text{Br}^-$ ) e iodetos ( $\text{I}^-$ )                     | solúveis     | $\text{Ag}^+$ , $\text{Hg}_2^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$  |
| Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )   | solúveis     | $\text{Ca}^+$ , $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$   |
| Sulfetos ( $\text{S}^{2-}$ )  | insolúveis   | Metais alcalinos ( $\text{Li}^+$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Rb}^+$ , $\text{Cs}^+$ ), metais alcalinoterrosos ( $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{Ba}^{2+}$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) |
| Carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ )   | insolúveis   | Metais alcalinos ( $\text{Li}^+$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Rb}^+$ , $\text{Cs}^+$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ )   |
| Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ )  | insolúveis   | Metais alcalinos ( $\text{Li}^+$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Rb}^+$ , $\text{Cs}^+$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ )   |

Existem alguns fatores que influenciam a solubilidade dos sais, como:

- a força da interação soluto – soluto;
- a força da interação solvente (água) – soluto, antes da dissolução;
- a força da interação solvente (água) – soluto, depois da dissolução.

Todos os processos de solubilização são semelhantes, nem sempre as moléculas do solvente serão capazes de solubilizar o soluto.

- Solubilidade dos sais em água
- Nomenclatura de óxidos
- Óxidos iônicos
- Óxidos moleculares
- Peróxidos

#### HABILIDADES

- Identificar a solubilidade dos sais.
- Definir e classificar óxidos.
- Reconhecer e nomear óxidos.
- Diferenciar um óxido iônico de um óxido molecular.

# Óxidos

## DEFINIÇÃO

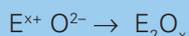
Óxidos são substâncias binárias, formadas por dois elementos químicos; um deles é, obrigatoriamente, o oxigênio (O). O outro elemento pode ser um metal ou um não metal. Em óxido, o oxigênio é sempre o elemento mais eletronegativo.

### Exemplos



Os compostos  $\text{OF}_2$  e  $\text{O}_2\text{F}_2$  não são óxidos, pois o elemento flúor é mais eletronegativo que o oxigênio.

Como nos óxidos, o oxigênio sempre será o mais eletronegativo, ele possuirá carga 2- ( $\text{O}^{2-}$ ). Na fórmula de um óxido, o oxigênio é escrito à direita do outro elemento (E).



A letra x corresponde à carga do elemento.

Os óxidos podem ser divididos em dois grandes grupos: **óxidos iônicos**, formados por metais, e **óxidos moleculares**, formados por não metais.

## Óxidos iônicos

Os metais usados no dia a dia são obtidos da purificação de minérios, e grande parte desses minérios é constituída de óxidos iônicos, em que o oxigênio se liga a um metal, em ligação iônica. Por exemplo, o alumínio é extraído de um óxido de alumínio chamado bauxita.

### Exemplos



## Óxidos moleculares

São aqueles que se formam da ligação entre o oxigênio e qualquer não metal, em ligação covalente. A única exceção é o **flúor**. Nos óxidos moleculares, o oxigênio pode se combinar em diversas proporções a outro elemento químico. Por exemplo, existem seis óxidos de nitrogênio:  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}_5$ .

### Exemplos



## NOMENCLATURA DOS ÓXIDOS

A nomenclatura dos óxidos é semelhante à dos sais. Muitas vezes, usam-se prefixos (mono-, di-, tri-, tetra-,...) que indicam o número de átomos de cada elemento presente no composto.

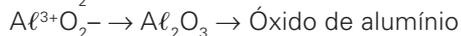
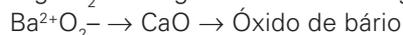
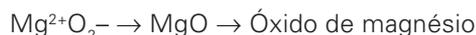
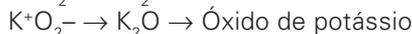
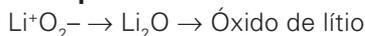
Prefixo – **óxido de** – prefixo/nome do elemento

## Nomenclatura dos óxidos iônicos

### Metais com valência fixa

Óxido de + nome do metal

### Exemplos



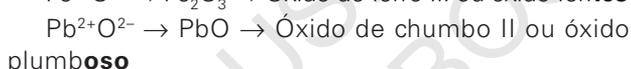
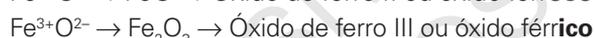
### Metais com valência variável

Óxido de nome do metal +  
+ a carga (em algarismo romano)

ou

Óxido de nome do metal + (sufixo **oso** = de menor valência ou **ico** = de maior valência)

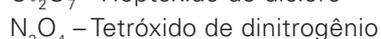
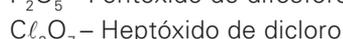
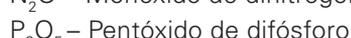
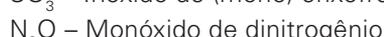
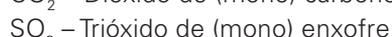
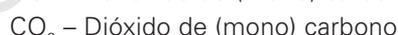
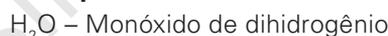
### Exemplos



## Nomenclatura de óxidos moleculares

(mono, di, tri etc.) + óxido + de  
(mono, di, tri etc.) + nome do elemento

### Exemplos



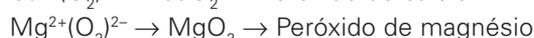
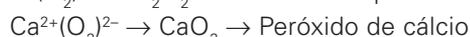
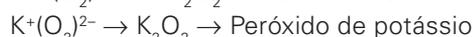
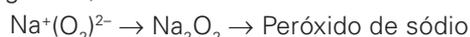
### Observação

O prefixo "mono" não é usado para o não metal. Não dizemos dióxido de monocarbono, mas sim dióxido de carbono.

## Peróxidos

Os peróxidos, que são óxidos superiores, são substâncias binárias que possuem o agrupamento  $(\text{O}_2)^{2-}$ . A ocorrência dos peróxidos dá-se com átomo de hidrogênio, com metais alcalinos (IA) e alcalinoterrosos (IIA).

### Exemplos



## ROTEIRO DE AULA

## Solubilidade dos sais

Ânions solúveis

Ânions insolúveis

Exceção

Exceção

Exemplos de sais:

AgI,  $\text{PbCl}_2$ 

Exemplos de

sais:

CaS,  $\text{K}_2\text{S}$ MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

# ROTEIRO DE AULA

## Óxidos

Metálicos

Moleculares

Metal de valência fixa

Metal com valência  
variável

Não metais

Nomenclatura

Nomenclatura

Nomenclatura

Exemplos:

- 1.
- 2.
- 3.

Exemplos:

- 1.
- 2.
- 3.

Exemplos:

- 1.
- 2.
- 3.

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

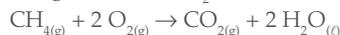
**1. UDESC** – Os calcários são rochas sedimentares que contêm minerais de carbonato de cálcio (aragonita ou calcita). Quando esses minerais são aquecidos a altas temperaturas (calcinação), ocorre a decomposição térmica do carbonato, com liberação de gás carbônico e formação de uma outra substância sólida. As fórmulas e as funções químicas dessas substâncias envolvidas são, respectivamente,

- a)  $\text{CaCO}_3$  (óxido),  $\text{CO}_2$  (óxido) e  $\text{CaO}_2$  (base).  
 b)  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  (sal),  $\text{CO}_2$  (óxido) e  $\text{CaC}_2$  (óxido).  
 c)  $\text{CaCO}_3$  (sal),  $\text{CO}_2$  (óxido) e  $\text{CaO}$  (óxido).  
 d)  $\text{CaCO}_4$  (sal),  $\text{CO}_2$  (óxido) e  $\text{CaO}_2$  (base).  
 e)  $\text{CaCO}_2$  (sal),  $\text{CO}_2$  (óxido) e  $\text{CaO}$  (sal).

$\text{CaCO}_3$  (sal),  $\text{CO}_2$  (óxido) e  $\text{CaO}$  (óxido)

### 2. Fac. Santa Marcelina-SP (adaptado)

Um estudo publicado pela revista *Nature* aponta que a quantidade de metano ( $\text{CH}_4$ ) liberada por alguns poços de gás de xisto (cuja composição química padrão apresenta, além de outros compostos, o óxido de ferro III e o óxido de alumínio) seria cerca de quatro vezes maior que o previsto, o que o tornaria uma fonte de energia emissora de gás de efeito estufa tão nociva quanto o carvão. A combustão completa do metano produz outro gás estufa, o  $\text{CO}_2$ , de acordo com a reação:



Disponível em: <www.lqes.iqm.unicamp.br>. Adaptado.

Escreva as fórmulas químicas dos óxidos presentes na composição do xisto, sabendo que nesses compostos a carga do ferro e do alumínio é 3+.

Óxido de ferro III:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Óxido de alumínio:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

### 3. Cefet-MG

C5-H25

A água da chuva é naturalmente ácida devido à presença do gás carbônico encontrado na atmosfera. Esse efeito pode ser agravado com a emissão de gases contendo enxofre, sendo o dióxido e o trióxido de enxofre os principais poluentes que intensificam esse fenômeno. Um dos prejuízos causados pela chuva ácida é a elevação do teor de ácido no solo, implicando diretamente a fertilidade na produção agrícola de alimentos. Para reduzir a acidez provocada por esses óxidos, frequentemente, é utilizado o óxido de cálcio, um óxido básico capaz de neutralizar a acidez do solo.

As fórmulas moleculares dos óxidos citados no texto são, respectivamente,

- a)  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}$ ,  $\text{SO}_2$  e  $\text{CaO}_2$ .      d)  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  e  $\text{CaO}_2$ .  
 b)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  e  $\text{CaO}$ .      e)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SO}_4$  e  $\text{CaO}_2$ .  
 c)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{S}_2\text{O}$ ,  $\text{S}_3\text{O}$  e  $\text{CaO}$ .

Dióxido de carbono (gás carbônico):  $\text{CO}_2$

Dióxido de enxofre:  $\text{SO}_2$

Trióxido de enxofre:  $\text{SO}_3$

Óxido de cálcio:  $\text{CaO}$

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

**4. IFG-GO** – Enigma da Química: Sou o átomo “Y” de maior raio atômico do 3º período da classificação periódica e formo com o halogênio (W), também do 3º período, sais do tipo YW.

Assinale a alternativa que aponta, respectivamente, o átomo Y, o átomo W, o sal YW e uma propriedade característica desse sal.

- a) Li; F; LiF; pouco solúvel em água.  
 b) K; Cl; KCl; elevada temperatura de fusão.  
 c) Na; Cl; NaCl; alta solubilidade em água.  
 d) Cl; Na; NaCl; baixa temperatura de fusão.  
 e) Ca, Cl; CaCl; pode ser usado como corante.

O átomo Y de maior raio atômico do 3º período é o sódio, enquanto o halogênio W é o cloro que também se encontra no 3º período.

A união do átomo Y com o W é NaCl.

Os cloretos de metais alcalinos são altamente solúveis.

### 5. IFSul-RS (adaptado)

#### Produção de Ferro e Aço

O ferro não existe de forma livre na natureza, mas sim nas formas de seus minérios, ou seja, compostos que contêm ferro, sendo que os principais são: hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), siderita ( $\text{FeCO}_3$ ), limonita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e pirita ( $\text{FeS}_2$ ). É possível realizar transformações nesses minerais para a obtenção do ferro metálico. Geralmente, o mineral utilizado nas siderúrgicas é a hematita, e o processo de produção do ferro é feito em altos-fornos. Primeiramente, coloca-se, nesses altos-fornos, o carvão coque, que irá ser queimado e produzir calor.

Sobre a siderita, dê sua solubilidade e sua nomenclatura oficial.

$\text{FeCO}_3 \Rightarrow$  carbonato ferroso ou carbonato de ferro II

Os carbonatos são insolúveis, com exceção do carbonato de amônio ou dos carbonatos de metais alcalinos.

**6. ITA-SP** – É pouco solúvel em água o seguinte par de sais:

- a)  $\text{BaCl}_2$  e  $\text{PbCl}_2$       d)  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  e  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$   
 b)  $\text{MgSO}_4$  e  $\text{BaSO}_4$        e)  $\text{AgBr}$  e  $\text{PbS}$   
 c)  $\text{PbSO}_4$  e  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

a) Os cloretos costumam ser solúveis, exceto os de prata, mercúrio I, ouro, cromo III e de chumbo II ( $\text{PbCl}_2$ ). Esse último aparece na alternativa, mas o cloreto de bário ( $\text{BaCl}_2$ ) é solúvel em água.

b) Os sulfatos costumam ser solúveis, exceto os de estrôncio, cálcio, prata e bário ( $\text{BaSO}_4$ ). Esse último aparece na alternativa, mas o sulfato de magnésio ( $\text{MgSO}_4$ ) é solúvel em água.

c) O sulfato de chumbo II ( $\text{PbSO}_4$ ) é solúvel e todos os nitratos são solúveis, incluindo o nitrato de chumbo II ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) citado na alternativa.

d) Os cromatos são insolúveis.

e) Os brometos são solúveis, mas o de prata é uma exceção. Já os sulfetos são insolúveis. Assim, o  $\text{AgBr}$  e o  $\text{PbS}$  são pouco solúveis em água.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. UFS-SE** – A maioria dos sais dos elementos do grupo 1 (exceto H) da Tabela Periódica é solúvel em água, o que não acontece com os do grupo 2, sendo, por exemplo, os cloretos solúveis em água, enquanto os carbonatos e sulfatos são, de maneira geral, pouco solúveis.

Assim, considerando-se os seguintes sais: carbonato de cálcio, cloreto de magnésio e sulfato de sódio, seria mais provável que se encontrasse(m) dissolvido(s) na água do mar

- a) sulfato de sódio, somente.
- b) carbonato de cálcio, somente.
- c) cloreto de magnésio e carbonato de cálcio.
- d) sulfato de sódio e cloreto de magnésio.
- e) sulfato de sódio e carbonato de cálcio.

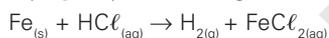
**8. UEAP (adaptado)** – Nitrato de ferro III, ou nitrato férrico, é acrescentado em certas argilas, tendo se mostrado útil como oxidante em síntese orgânica. Soluções desse sal são usadas por joalheiros e metalúrgicos para, de modo seguro e limpo, gravar prata e ligas de prata. A solubilidade e a fórmula do nitrato de ferro III pode ser representada por

- a)  $\text{FeNO}_3$  é solúvel.
- b)  $\text{FeNO}$  é insolúvel.
- c)  $\text{Fe}(\text{NO})_3$  é solúvel.
- d)  $\text{Fe}_2\text{NO}_3^-$  é insolúvel.
- e)  $\text{Fe}_2(\text{NO})_3$  é solúvel.

**9. IFSP (adaptado)** – O carbonato de sódio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , conhecido comercialmente como barrilha, tem grande uso no tratamento de águas de piscinas e de abastecimento público. Tal substância é classificada como um

- a) sal e solúvel.
- b) sal e insolúvel.
- c) hidróxido e insolúvel.
- d) ácido e insolúvel.
- e) óxido e solúvel.

**10. IFSC (adaptado)** – Uma das maneiras de se produzir gás hidrogênio em laboratório consiste na realização de uma reação química entre o ferro metálico e o ácido clorídrico, processo que pode ser representado pela equação química a seguir:

**Observação**

A equação não está balanceada.

Com relação ao processo de produção de gás hidrogênio em laboratório, identifique a solubilidade e o nome do sal formado.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

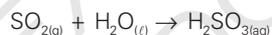
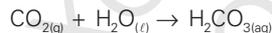
**11. Unemat-MT** – Uma prova de que a química está presente em nosso cotidiano é a presença de compostos químicos nos mais diversos produtos, que pensamos vê-los somente nos livros. Alguns exemplos são o leite

de magnésia, composto pelo  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ; a água de bateria, que contém  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , e vitaminas compradas em farmácia, que podem conter  $\text{FeSO}_4$ .

Marque a alternativa que apresenta corretamente a nomenclatura dos compostos citados, de acordo com a sequência mencionada no texto.

- a) Hidróxido de magnésio, ácido sulfúrico e sulfato de ferro II (solúvel)
- b) Hidróxido de manganês, ácido sulfúrico e sulfato de ferro II (insolúvel)
- c) Hidróxido de magnésio, ácido sulfuroso e sulfato de ferro I (solúvel)
- d) Hidróxido de manganês, ácido sulfuroso e sulfato de ferro II (solúvel)
- e) Hidróxido de magnésio, ácido sulfúrico e sulfato de ferro III (insolúvel)

**12. UFJF-MG (adaptado)** – Analise as reações químicas de alguns óxidos presentes na atmosfera e descreva a qual processo de poluição ambiental elas estão relacionadas. Dê os nomes dos respectivos óxidos utilizados nas reações.




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**13. IFSul-RS** – Certo lago vulcânico liberou uma nuvem de gases tóxicos que continham entre outras substâncias: ácido sulfídrico, monóxido de carbono, dióxido de carbono e dióxido de enxofre.

A alternativa que contém corretamente as fórmulas dos gases citados anteriormente é:

- a)  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$
- b)  $\text{SO}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{SO}_2$
- c)  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{SO}_2$
- d)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{CO}$

**14. UECE (adaptado)** – Arqueólogos e físicos cobiçam igualmente o chumbo romano antigo existente em antigas embarcações de naufrágios, estimado em 2 mil anos de idade. Para os físicos, como o chumbo antigo é puro, denso e muito menos reativo que o metal recém-minerado, ele será muito aplicado nos dias de hoje, entretanto ele também tem significado histórico e muitos arqueólogos se opõem ao derretimento de lingotes. Considerando a importância desse metal, represente os óxidos formados por ele.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**15. IFMT** – “PANELA VELHA É QUE FAZ COMIDA BOA” É PARTE DE UM REFRÃO DE UMA MÚSICA MUITO CONHECIDA, MAS O OLHAR QUÍMICO SOBRE AS PANEAS ÀS VEZES NÃO É TÃO MUSICAL. PANEAS VELHAS OU NOVAS LIBERAM SEUS COMPONENTES NOS ALIMENTOS NELAS PREPARADOS E PODEM TRAZER CONSEQUÊNCIAS EM LONGO PRAZO PARA A SAÚDE DE QUEM AS USA. O DESPRENDIMENTO DE ALUMÍNIO DAS PANEAS, POR EXEMPLO, PODE CAUSAR EFEITOS DANOSOS. PESQUISAS APONTAM QUE O EXCESSO DE ALUMÍNIO NO CORPO INDUZ A ESTADOS DE DEMÊNCIA, POR ISSO EVITE “AREAR” A PANELA E NÃO REMOVA O ÓXIDO DE ALUMÍNIO – AQUELA CAMADA ESCURA QUE SE FORMA NO FUNDO, APÓS A FERVURA DE ÁGUA. ELA REDUZ EM ATÉ SEIS VEZES A TRANSFERÊNCIA DO COMPONENTE PARA A COMIDA.

Para formar o óxido de alumínio, o alumínio combina-se com o oxigênio formando um composto

- a) molecular, cuja fórmula é  $Al_2O_3$ .
- b) iônico, cuja fórmula é  $Al_2O_3$ .
- c) molecular, cuja fórmula é  $Al_3O_2$ .
- d) iônico, cuja fórmula é  $Al_3O_2$ .
- e) metálico, cuja fórmula é  $Al_2O_2$ .

**16. PUCCamp-SP (adaptado)** – O *quartzo* é o mineral dióxido de silício. Considerando os valores de eletronegatividade para o silício e o oxigênio, 1,8 e 3,5, respectivamente, e seus grupos da Tabela Periódica (o silício pertence ao grupo 14 e o oxigênio, ao grupo 16), represente sua fórmula química e classifique a ligação.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**17. UFRR** – Uma das características mais importantes dos elementos de transição é o fato de poderem existir em diferentes estados de oxidação, o que possibilita, por exemplo, no caso do Fe, a existência de diferentes tipos de óxidos. No Brasil, a hematita é um importante minério utilizado para extração de ferro que apresenta cerca de 70% de ferro e 30% de oxigênio. A fórmula desse óxido que compõe a hematita é

- a)  $FeO_3$
- b)  $FeO$
- c)  $Fe_2O$
- d)  $Fe_3O_4$
- e)  $Fe_2O_3$

## ESTUDO PARA O ENEM

**18. Fatec-SP**

C7-H24

**Chega ao Brasil produto social que transforma água contaminada em água limpa**

Estima-se que cerca de um bilhão de pessoas sofram com a falta de água potável no mundo. Para tentar combater esse tipo de problema, uma empresa desenvolveu um purificador de água distribuído na forma de um sachê que é capaz de transformar dez litros de água contaminada em dez litros de água potável. Os principais componentes do sachê são sulfato de ferro III e hipoclorito de cálcio.

Para purificar a água, o conteúdo do sachê deve ser despejado em um recipiente com dez litros de água não potável. Depois, é preciso mexer a mistura por cinco minutos, para ocorrer a união dos íons cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e dos íons sulfato ( $SO_4^{2-}$ ), produzindo sulfato de cálcio, que vai ao fundo do recipiente juntamente com a sujeira. Em seguida, a água deve ser passada por um filtro, que pode ser até mesmo uma camiseta de algodão limpa. Para finalizar, deve-se esperar por 20 minutos para que ocorra a ação bactericida dos íons hipoclorito,  $ClO^-$ .

Assim, em pouco tempo, uma água barrenta ou contaminada transforma-se em água limpa para o consumo.

Disponível em: <<http://tinyurl.com/y7gdw9qx>>. Acesso em: 13 nov. 2017. Adaptado.

Assinale a alternativa que contém a fórmula correta do sal insolúvel.

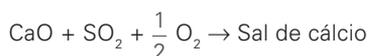
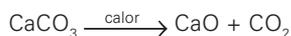
- a)  $Ca(SO_4)_2$
- b)  $Fe_3(SO_4)_2$
- c)  $CaSO_4$
- d)  $FeSO_4$
- e)  $Ca(ClO)_2$

**19. Enem**

C7-H24

Os calcários são materiais compostos por carbonato de cálcio, que podem atuar como solventes do dióxido

de enxofre ( $SO_2$ ), um importante poluente atmosférico. As reações envolvidas no processo são a ativação do calcário, por meio de calcinação, e a fixação do  $SO_2$ , com a formação de um sal de cálcio, como ilustrado pelas equações químicas simplificadas.



Considerando-se as reações envolvidas nesse processo de dessulfurização, a fórmula química do sal de cálcio e sua solubilidade correspondem a

- a)  $CaSO_3$  e insolúvel.
- b)  $CaSO_4$  e solúvel.
- c)  $CaS_2O$  e insolúvel.
- d)  $CaSO_4$  e insolúvel.
- e)  $CaS_2O_7$  e solúvel.

**20. UEMA**

C5-H25

O  $NO_2$  e o  $SO_2$  são gases causadores de poluição atmosférica que, dentre os danos provocados, resulta na formação da chuva ácida quando esses gases reagem com as partículas de água presentes nas nuvens, produzindo  $HNO_3$  e  $H_2SO_4$ . Esses compostos, ao serem carregados pela precipitação atmosférica, geram transformações, tais como contaminação da água potável, corrosão de veículos, de monumentos históricos etc. Os compostos inorgânicos citados no texto correspondem, respectivamente, às funções

- a) sais e óxidos.
- b) bases e sais.
- c) ácidos e bases.
- d) bases e óxidos.
- e) óxidos e ácidos.

## 6

# FUNÇÕES INORGÂNICAS: CLASSIFICAÇÃO DOS ÓXIDOS E REAÇÕES DE SÍNTESE E DECOMPOSIÇÃO

- Classificação dos óxidos
- Principais reações dos óxidos
- Definição de reação química
- Balanceamento de equações químicas
- Reação de síntese
- Reação de decomposição

## HABILIDADES

- Reconhecer óxidos básicos e ácidos e montar suas equações de reação com a água.
- Equacionar reações de neutralização envolvendo os óxidos.
- Reconhecer a ocorrência de uma reação química.
- Compreender que há conservação do número de átomos nas reações químicas.
- Entender os balanços de cargas em reações químicas.

## Classificação dos óxidos

A classificação dos óxidos dá-se de acordo com o seu comportamento na presença de água, ácidos e bases.

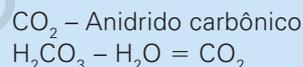
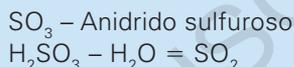
### ÓXIDOS ÁCIDOS OU ANIDROS

São óxidos moleculares formados, em geral, por elementos não metálicos. Quanto mais à direita e acima da Tabela Periódica estiver o elemento que se liga ao oxigênio, ou seja, quanto menor a diferença de eletronegatividade, maior o caráter ácido do óxido.

Apresentam características ácidas, ou seja, reagem com bases, formando sal e água. Em reação com água, produzem ácidos.

Os óxidos ácidos, que são obtidos por ácidos pela retirada de água, são denominados **anidridos de ácidos**. Para eles, existe uma nomenclatura especial:

**Anidrido + nome do ácido que dá origem ao óxido.**



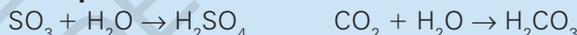
### Reações

#### • Reação com água

Os anidridos reagem com água, produzindo o ácido correspondente.

Óxido ácido (anidrido) + água → ácido

#### Exemplos

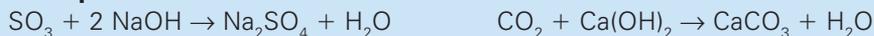


#### • Reação com base

Esses ácidos reagem também com base, produzindo sal e água (reação de neutralização).

Óxido ácido (anidrido) + base → sal + água

#### Exemplos



### ÓXIDOS BÁSICOS

São óxidos iônicos formados, em geral, pelos elementos metálicos (principalmente metais dos grupos 1 (IA) e 2 (IIA)). Apresentam características básicas. Quanto maior a diferença entre a eletronegatividade do oxigênio e a do metal, maior o caráter básico do óxido.

### Reações

#### • Reação com água

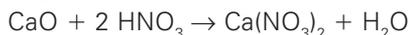
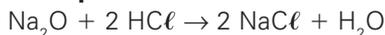
Os óxidos básicos alcalinos e alcalinoterrosos, exceto o Mg e o Be, reagem com água, produzindo a base correspondente.

Óxido básico + água → base

**Exemplos**

- **Reação com ácido**

Esses óxidos reagem também com ácido, produzindo sal e água (reação de neutralização).

**Exemplos**

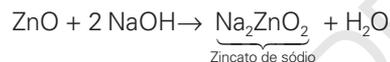
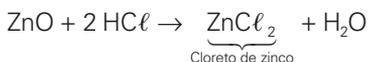
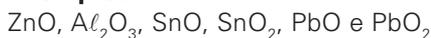
Os óxidos básicos de metais alcalinos e alcalino-terrosos reagem com água; os demais óxidos básicos são pouco solúveis em água.

**ÓXIDOS NEUTROS OU INDIFERENTES**

São covalentes, ou seja, formados por não metais e não reagem com ácido, base ou água. Os mais importantes são: CO, NO e N<sub>2</sub>O.

**ÓXIDOS ANFÓTEROS**

São óxidos moleculares formados por metais de transição e por metais pertencentes aos grupos 13 (IIIA) ou 14 (IVA) da classificação periódica. São insolúveis em água e comportam-se como óxidos básicos, se o meio em questão for ácido, e como óxidos ácidos, se o meio for básico.

**Exemplos****ÓXIDOS DUPLOS OU MISTOS**

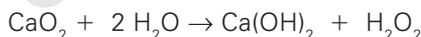
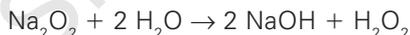
Comportam-se como se fossem formados por dois outros óxidos, do mesmo elemento químico.

**PERÓXIDOS**

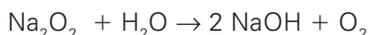
Como vimos anteriormente, os peróxidos são óxidos iônicos, exceto o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, que é um óxido molecular, e caracterizam-se pela presença do grupo (O<sub>2</sub><sup>2-</sup>).

A seguir, são apresentadas as substâncias com as quais os peróxidos reagem.

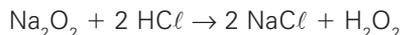
- Água, produzindo base e peróxido de hidrogênio:



Como o peróxido de hidrogênio decompõe-se em meio básico, a equação, por etapas, fica da seguinte maneira:



- Ácido, produzindo sal e peróxido de hidrogênio:

**Reações inorgânicas**

Todos os dias de nossa vida, ocorrem reações químicas (ou transformações químicas), não só ao nosso redor como também em nosso organismo.

Reações químicas são fenômenos pelos quais duas ou mais substâncias interagem, trocando pedaços de suas estruturas entre si e dando origem a novas substâncias, com propriedades físicas e químicas que as matérias iniciais não possuíam. As substâncias que interagem no início do processo chamam-se reagentes e as que se formam, produtos. Nesses processos de transformação, há quebra das ligações dos reagentes e consequentes formações de novas ligações nos produtos.

A representação esquemática de uma reação química chama-se equação química, na qual aparecem os reagentes no primeiro membro (à esquerda) e os produtos no segundo (à direita).

Representação genérica:



Significado das setas:

→: caminho da reação;

↑ ou ↗: liberação de gás;

↓: formação de precipitado ou composto insolúvel;

$\xrightarrow{\Delta}$ : aquecimento; e

$\xrightarrow{\text{cat.}}$ : catalisadores.

As equações químicas podem nos fornecer informações importantes além das fórmulas das substâncias:

- Estados físicos das substâncias: sólido (s), líquido (l), vapor (v), gás (g)
- Íons ou moléculas em solução aquosa (aq)
- Ocorrência de reações reversíveis ( $\rightleftharpoons$ )

Além dessas informações, as equações químicas trazem as fórmulas das substâncias que participam da reação. As fórmulas indicam o elemento que constitui a substância bem como sua quantidade de átomos de cada elemento.

Símbolo dos elementos



Índices: indicam a quantidade de átomos.

A quantidade de cada substância participante da reação química é definida pelo coeficiente estequiométrico, que devem ser os menores inteiros possíveis. Para que a que quantidade de átomos de cada elemento seja igual à quantidade de átomos dos reagentes e produtos, é necessário balancear as reações químicas.

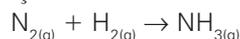
## BALANCEAMENTO DE EQUAÇÕES POR TENTATIVAS

O nome desse método vem de seu caráter empírico: “supõem-se” os coeficientes da equação até se obter a igualdade no número de átomos de reagentes e produtos. Apesar das “tentativas e erros”, é possível cumprir uma sequência ou etapas que facilitem a determinação dos coeficientes.

Etapas do balanceamento de uma reação por tentativas:

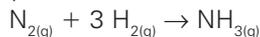
1. Encontrar um elemento ou radical na reação que tenha a maior atomicidade.
2. Repassar o número da atomicidade desse mesmo elemento no outro lado da reação como coeficiente.
3. Equilibrar os demais elementos.

Observe a reação.

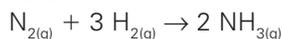


O elemento hidrogênio na reação é o de maior atomicidade: três no produto.

Repassando para ele mesmo no reagente:



Se são seis hidrogênios no reagente, é preciso haver seis no produto.

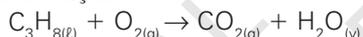


Com dois nitrogênios no produto e dois no reagente, a equação está balanceada.

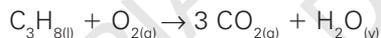
### Reações de combustão

1. Acertar o número de carbonos.
2. Acertar o número de hidrogênios.
3. Acertar o número de oxigênios.

Observe a reação.



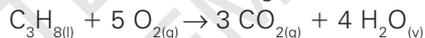
Acertando o número de carbonos:



Acertando o número de hidrogênios:



Acertando o número de oxigênio

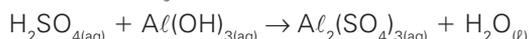


### Reações de neutralização

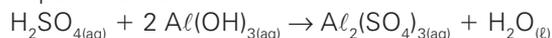
Sequência para balancear reações de neutralização entre ácido e base:

1. Repassar o número de hidrogênios ionizáveis do ácido para a base.
2. Repassar o número de hidroxilas da base para o ácido.
3. Acertar as quantidades de água.

Observe a reação.



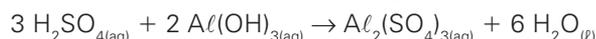
Repassando o número de hidrogênios ionizáveis do ácido para a base:



Repassando o número de hidroxilas da base para o ácido:



Acertando as quantidades de água.



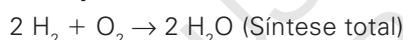
## Classificação das reações

As reações inorgânicas podem ser classificadas em: síntese (adição), decomposição (análise), simples troca ou dupla troca. As representações genéricas de cada reação seguem a seguir:

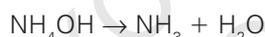
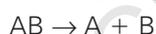
### Adição ou síntese:



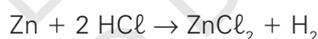
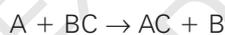
### Exemplos



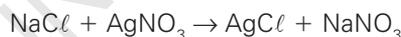
### Decomposição ou análise:



### Simple troca:



### Dupla troca:



## REAÇÕES DE SÍNTESE OU ADIÇÃO

Uma reação que apresente dois ou mais reagentes e apenas um único produto.

Genericamente, temos:

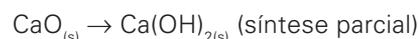


### Exemplos

- a) Ao usar uma churrasqueira, você coloca carvão sob a grelha e, de algum modo, provoca a queima desse carvão, a qual evidencia a ocorrência da seguinte transformação:



- b) Para corrigir a acidez do solo, um agricultor espalha cal virgem (óxido de cálcio) sobre a terra, onde ocorre a transformação:

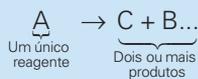


### Observação

A reação de síntese poderá ser chamada de síntese total quando todas as substâncias dos reagentes forem simples (exemplo “a”). Quando pelo menos um dos reagentes for uma substância composta, a reação será classificada como síntese parcial (exemplo “b”).

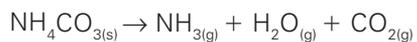
## REAÇÕES DE ANÁLISE OU DECOMPOSIÇÃO

São transformações químicas em que um único reagente, uma substância composta, decompõem-se em duas ou mais substâncias como produtos. Genericamente, temos:



### Exemplo

Para que um bolo fique fofo, acrescenta-se à massa fermento químico (que contém bicarbonato). Durante o cozimento, o bicarbonato (pode ser o de amônio) transforma-se:

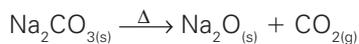
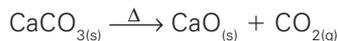


Dependendo do agente físico que as provoca, as decomposições recebem nomes especiais: decomposição realizada pela ação do calor ( $\Delta$ ) chama-se pirólise, a realizada pela ação da luz ( $\lambda$ ) chama-se fotólise e a realizada pela ação da corrente elétrica ( $\downarrow$ ) chama-se eletrólise.

### Importante

Todo carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) decompõe-se termicamente (pirólise), liberando  $\text{CO}_2$ .

### Exemplos



Todo bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) decompõe-se parcialmente em carbonato,  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CO}_2$ .

### Exemplos



MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

# ROTEIRO DE AULA

## Óxidos

Classificação

Anfótero

Características

Exemplo

Neutro

Características

Exemplo

Básico

Reação com ácido

Exemplo

Reação com água

Exemplo

Reação com base

Exemplo

Ácido

Reação com água

Exemplo

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## ROTEIRO DE AULA

## Reações químicas

Equações químicas

Adição ou síntese



Decomposição ou análise



## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

**1. Famerp-SP** – Considere os seguintes óxidos: CaO, CO, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e K<sub>2</sub>O.

Dentre os óxidos citados, aqueles que interagem com água originando soluções aquosas com pH básicos (pH > 7) a 25 °C são

- a) N<sub>2</sub>O e NO<sub>2</sub>      c) K<sub>2</sub>O e N<sub>2</sub>O      e) CaO e CO  
**b) CaO e K<sub>2</sub>O**      d) CO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>

pH > 7 °C a 25 °C implica soluções básicas.

Os óxidos dos grupos 1 e 2 da classificação periódica reagem com água, formando soluções aquosas básicas ou alcalinas, ou seja, são classificados como óxidos básicos.

Dentre os óxidos citados, vem:



**2. Unirv-GO** – O cimento “Portland” é o mais utilizado na construção civil devido ao custo benefício (ser relativamente barato e apresentar alta resistência). Sua composição química é uma mistura de óxidos (tabela a seguir). Baseando-se nos óxidos apresentados, analise-os e assinale V (verdadeiro) ou F (falso) para as alternativas.

### Óxidos presentes na composição química do cimento “Portland”

|                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| SiO <sub>2</sub>               | MgO             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SO <sub>3</sub> |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CO <sub>2</sub> |
| TiO <sub>2</sub>               | CaO             |

- a) A tabela apresenta apenas dois óxidos ácidos.  
 b) A tabela apresenta apenas dois óxidos neutros.  
 c) O trióxido de ferro é o único óxido misto apresentado.  
 d) O óxido de alumínio reage tanto com ácido quanto com base.

a) Verdadeiro. Óxidos ácidos são compostos que normalmente apresentam

caráter covalente, isto é, são moleculares, sendo solúveis em água e forma-

dos em sua maioria por metais, elementos com alta eletronegatividade.

b) Falso. Óxidos neutros são óxidos que não reagem com água, ácidos e

bases. Esses óxidos são – CO, NO e N<sub>2</sub>O. Logo, a tabela não apresenta

óxidos neutros.

c) Falso. Óxidos duplos ou mistos apresentam uma fórmula geral, na qual te-

mos três átomos de um metal e quatro átomos de oxigênio: M<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. A tabela

não apresenta óxidos duplos.

d) Verdadeiro. Os óxidos anfóteros são óxidos que, em determinados mo-

mentos, comportam-se como óxidos ácidos e, em outros, como óxidos bá-

sicos. O Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> é um óxido anfótero.

### 3. PUC-RS

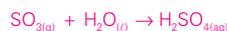
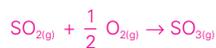
C7-H24

No ano de 2011, houve uma erupção de grandes proporções no Chile, envolvendo o vulcão *Puyehue*. Dentre as substâncias lançadas na atmosfera durante erupções vulcânicas, encontram-se, principalmente, a sílica (SiO<sub>2</sub>), o gás carbônico, a água e o gás denominado anidrido sulfuroso, cuja fórmula é SO<sub>2</sub>.

Com base nessas informações, é correto afirmar que

- a) o gás carbônico e o anidrido sulfuroso são, respectivamente, o monóxido de carbono e o dióxido de enxofre.  
 b) todas as substâncias mencionadas são óxidos, com exceção da água, que é um peróxido.  
 c) a sílica, em solução aquosa, origina uma base, enquanto o anidrido sulfuroso origina um ácido.  
**d) o anidrido sulfuroso e o dióxido de carbono são óxidos ácidos, porém somente o anidrido sulfuroso é o principal responsável pelo fenômeno da chuva ácida.**  
 e) o gás carbônico e a sílica são também denominados, respectivamente, peróxido de carbono e dióxido de silício.

O anidrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) são óxidos ácidos, porém somente o anidrido sulfuroso é o principal responsável pelo fenômeno da chuva ácida.



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

**4. IFCE** – Reação química é um processo em que ocorre a conversão de uma ou mais substâncias em outros compostos.

Observe as reações a seguir.

- I.  $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$   
 II.  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$   
 III.  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

A sequência que representa, respectivamente, reações de síntese, análise e dupla troca é

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

I.  $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$  – dupla troca

II.  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$  – adição ou síntese

III.  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  – análise ou decomposição

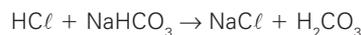
A ordem correta será: II, III e I.

**5. Univ. Anhembi Morumbi-SP** – Para preparar oxigênio gasoso em elevado estado de pureza, usando uma reação de decomposição térmica, é correto utilizar como reagente de partida

- a)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .    d)  $\text{Zn(OH)}_2$ .  
**b)  $\text{KClO}_3$ .**    e)  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .  
 c)  $\text{CaCO}_3$ .



**6. IFSP** – A função principal do ácido clorídrico no estômago é proporcionar um pH ótimo para o funcionamento normal das enzimas ali presentes. Quando há excesso, sentimos um desconforto popularmente chamado de azia, que pode facilmente ser combatida ingerindo-se bicarbonato de sódio, que vai agir como um antiácido de acordo com a equação a seguir.



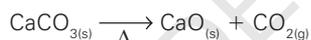
Assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, os produtos da decomposição do gás carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) e o tipo de reação ocorrida entre o ácido clorídrico e o bicarbonato de sódio.

- a) Água e dióxido de carbono; dupla – troca**  
 b) Água e monóxido de carbono; dupla – troca  
 c) Dióxido de carbono e monóxido de carbono; decomposição  
 d) Água e água; decomposição  
 e) Dióxido de carbono e dióxido de carbono; síntese



## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. UEG-GO** – O óxido de cálcio e o dióxido de carbono são obtidos pelo aquecimento do carbonato de cálcio, conforme a equação química a seguir.

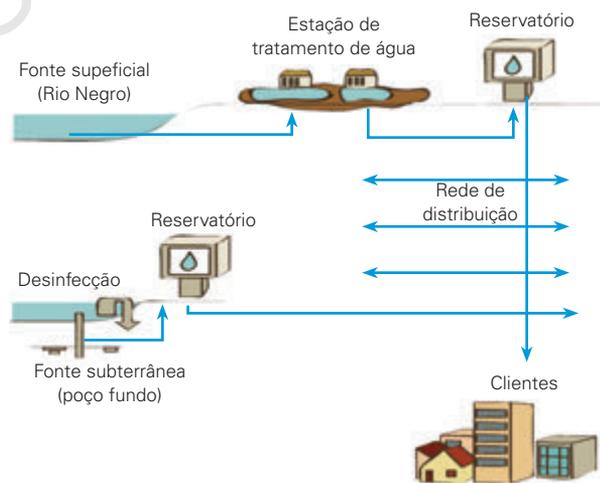


No processo químico apresentado, ocorre

- a) reação de decomposição.  
 b) formação de molécula com geometria angular.  
 c) obtenção de composto metálico.  
 d) produção de óxido anfótero.  
 e) reação de simples troca.

**8. UEA-AM** – Mananciais de abastecimento: A cidade de Manaus utiliza, para produção de água, o Rio Negro, manancial superficial, e o Alter do Chão, manancial subterrâneo. Processo de tratamento: A água captada nos mananciais é submetida a um processo de tratamento antes de ser liberada ao consumo. No caso da água do Rio Negro, além da sua cor escura, destaca-se a alta acidez. Essa condição obriga a realizar uma correção para aumentar a alcalinidade e corrigir a acidez (pré-alcalinização). Isso é necessário para ter as condições químicas ideais para as etapas seguintes do tratamento. Essa correção é feita na adutora de água bruta, antes da chegada à Estação de Tratamento de Água (ETA) Ponta do Ismael, onde passará pelas etapas de coagulação, floculação, clarificação, filtração, desinfecção e ajuste final de pH. A água do manancial subterrâneo é captada por meio de poços profundos. Essa água passa por um processo em que recebe cloro antes de chegar às casas dos consumidores.

Esquema de abastecimento de água



Disponível em: [www.aguasdoamazonas.com.br](http://www.aguasdoamazonas.com.br). Adaptado.

A substância que pode ser corretamente utilizada na etapa de pré-alcalinização da água do Rio Negro é representada pela fórmula

- a)  $\text{SO}_2$ , que é um óxido ácido molecular.  
 b)  $\text{CaO}$ , que é um óxido ácido molecular.  
 c)  $\text{CaO}$ , que é um óxido básico iônico.  
 d)  $\text{CaO}$ , que é um óxido básico molecular.  
 e)  $\text{SO}_2$ , que é um óxido básico iônico.

**9. UFRGS-RS** – Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações a seguir, referentes a compostos inorgânicos.

- ( ) A sílica, presente na areia, e o gás carbônico fazem parte da mesma função inorgânica: os óxidos.  
 ( ) A carga do oxigênio, no composto  $\text{OF}_2$ , é 2-.  
 ( ) O óxido de alumínio pode comportar-se como óxido ácido ou como óxido básico.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) V – V – V.                      c) V – F – V.                      e) F – F – F.  
 b) V – V – F.                      d) F – F – F.

**10. UERN (adaptado)**

Representado pela fórmula química CO, o monóxido de carbono é um gás incolor e inodoro, proveniente da combustão incompleta de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural). Se inalado em altas concentrações, pode matar por asfixia. Isso ocorre porque, ao ser inspirado, o monóxido de carbono é capaz de estabelecer ligações químicas altamente estáveis com a hemoglobina das hemácias, formando a carboxiemoglobina (HbC), o que as impossibilita de transportar oxigênio em todo o processo de respiração.

Disponível em: <http://www.infoescola.com/quimica/monoxido-de-carbono/>. Acesso em: set. 2018.

Dê a classificação do óxido citado no texto.

---



---

**11. IFCE** – A reação de dupla troca está corretamente balanceada em

- a)  $2 \text{Al} + 3 \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3 \text{Cu}$ .  
 b)  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ .  
 c)  $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2 \text{HCl}$ .  
 d)  $2 \text{KClO}_3 + 2 \text{KCl} \rightarrow 2 \text{KCl} + 3 \text{O}_2$ .

**12. CECIERJ** – Um comprimido efervescente para problemas estomacais é, em geral, uma mistura de bicarbonato de sódio, carbonato de sódio, ácido cítrico e ácido acetilsalicílico (AAS). Ao ser colocado em água, há liberação de um gás (efervescente) derivado do ácido carbônico (instável) devido à equação:



Qual a classificação dessa reação?

---



---



---



---



---

**13. Fatec-SP**

“Houston, we have a problem”. Ao enviar essa mensagem, em 13 de abril de 1970, o comandante da missão espacial Apollo 13 sabia que sua vida e a dos seus dois companheiros estavam por um fio. Um dos tanques de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) tinha acabado de explodir. Apesar do perigo iminente dos astronautas ficarem sem  $\text{O}_2$  para respirar, a principal

preocupação da NASA era evitar que a atmosfera da espaçonave ficasse saturada do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), exalado pela própria equipe. Isso causaria diminuição do pH do sangue da tripulação (acidemia sanguínea), já que o  $\text{CO}_2$  é um óxido ácido e, em água, ele forma ácido carbônico:  $\text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_{3(aq)}$ .

A acidemia sanguínea deve ser evitada a qualquer custo. Inicialmente, ela leva a pessoa a ficar desorientada e a desmaiar, podendo evoluir para o coma ou mesmo até à morte. Normalmente, a presença de  $\text{CO}_2$  na atmosfera da nave não é problema, pois existem recipientes, adaptados à ventilação com hidróxido de lítio (LiOH), uma base capaz de absorver esse gás. Nada quimicamente mais sensato: remover um óxido ácido lançando mão de uma base, por meio de uma reação de neutralização.

Disponível em: <http://tinyurl.com/heb78gk>. Acesso em: 10 mar. 2016.  
 Adaptado.

A equação química que representa a reação que ocorre entre o óxido ácido e a base, mencionados no texto, é

- a)  $\text{CO} + \text{LiOH} \rightarrow \text{LiC} + \text{H}_2\text{O}$   
 b)  $\text{CO} + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{C}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$   
 c)  $\text{H}_2\text{CO}_3 + 2 \text{LiOH} \rightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$   
 d)  $\text{CO}_2 + 2 \text{LiOH} \rightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$   
 e)  $\text{CO}_2 + \text{LiOH} \rightarrow \text{LiCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

**14. UEG-GO** – Os óxidos, quimicamente, são compostos binários nos quais o oxigênio é o elemento mais eletronegativo. Dependendo da natureza do outro elemento químico, este pode apresentar característica ácida, básica ou anfótera. Considere o CaO e o ZnO e responda aos itens a seguir.

- a) Mostre a equação química balanceada da reação do óxido de cálcio com água e justifique se trata-se de um óxido ácido ou básico.

---



---



---



---

- b) Sabendo que o ZnO apresenta um caráter anfótero, mostre a equação química para a sua reação com ácido clorídrico.

---



---

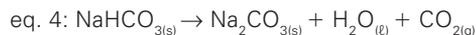
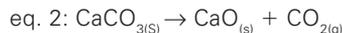
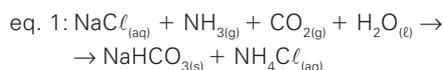


---



---

**15. UFPA** – O carbonato de sódio anidro, conhecido comercialmente como barrilha, é um sal branco e translúcido, utilizado nas indústrias de sabão, vidro, têxtil, tintas e outras. Industrialmente, a barrilha pode ser obtida por meio do Processo Solvay, que utiliza como matéria-prima o cloreto de sódio, o amoníaco e o carbonato de cálcio, de acordo com as reações representadas pelas equações químicas a seguir:



A última etapa do Processo Solvay (eq. 4) é uma reação classificada como

- a) síntese.
- b) simples troca.
- c) decomposição.
- d) dupla troca.
- e) combustão.

### 16. UENP-PR

Há 76 anos, o dirigível Hindenburg explodiu no ar em Nova Jersey e, dos 100 passageiros, vários ficaram feridos e 35 morreram. Pesquisa recente identificou o motivo exato para o desastre: eletricidade estática. Por meio de investigações com modelos em escala, pesquisadores chegaram à seguinte explicação para o acidente de 1937: o dirigível ficou carregado estaticamente, por ter atravessado uma tempestade. Somado a isso, também houve falha em uma das válvulas de gás hidrogênio. Quando foram pegas as cordas para o pouso, por causa da estática, causou-se uma

faísca. Assim, o fogo espalhou-se da cauda para as outras partes do dirigível facilitado pelo vazamento do hidrogênio.

GALILEU. *Causa para o acidente com o dirigível Hindenburg é descoberta 76 anos depois*. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI332611-17770,00.html>>. Acesso em: 1º out. 2015.

O gás presente no dirigível Hindenburg, quando ocorreu o acidente em que morreram 35 pessoas, era o gás hidrogênio. As reações a seguir apresentam algumas formas para a obtenção desse gás.



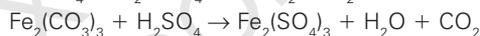
Assinale a alternativa correta que apresenta a soma dos coeficientes obtidos para o hidrogênio nas quatro reações, após o balanceamento.

#### Observação:

Os coeficientes usados no balanceamento de uma equação química devem ser os menores números inteiros possíveis.

- a) 4                      b) 5                      c) 6                      d) 7                      e) 8

### 17. Faminas-MG – Analise as reações (não balanceadas) a seguir e assinale a soma dos menores coeficientes estequiométricos inteiros:



- a) 11                      b) 16                      c) 19                      d) 21

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. IFMG

C7-H24

A água da chuva é naturalmente ácida devido à presença do gás carbônico encontrado na atmosfera. Esse efeito pode ser agravado com a emissão de gases contendo enxofre, sendo o dióxido e o trióxido de enxofre os principais poluentes que intensificam esse fenômeno. Um dos prejuízos causados pela chuva ácida é a elevação do teor de ácido no solo, implicando diretamente a fertilidade na produção agrícola de alimentos. Para reduzir a acidez provocada por esses óxidos, frequentemente, é utilizado o óxido de cálcio, um óxido básico capaz de neutralizar a acidez do solo.

As fórmulas moleculares dos óxidos citados no texto são, respectivamente,

- a) CO, SO, SO<sub>2</sub> e CaO<sub>2</sub>                      c) CO<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>O, S<sub>3</sub>O e CaO  
b) CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> e CaO                      d) CO, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> e CaO<sub>2</sub>

### 19. Uniube-MG

C7-H24

Qual é a diferença entre o cristal e o vidro?

Segundo Oscar Peitl Filho, professor de engenharia de materiais da Universidade Federal de São Carlos, a diferença entre o cristal e o vidro está na composição. Existe uma confusão entre o chamado vidro cristal, que é um material utilizado para a fabricação de lustres, taças e copos mais refinados, e o cristal, tipo de mineral encontrado na natureza, que abrange tanto o diamante quanto o quartzo. O vidro cristal e o vidro comum têm uma estrutura molecular considerada com o mesmo desenho, porém são formados por substâncias diferentes. Vidro comum, também conhecido como vidro de sodacal, é feito de areia (basicamente, sílica), óxido de cálcio e óxido de alumínio. O chamado vidro cristal é formado por sílica e pelo óxido do chumbo, pois este favorece o brilho e promove um maior peso à peça formada.

Disponível em: <http://super.abril.com.br/tecnologia/qual-diferenca-cristal-vidro-442295.shtml>. Acesso em: 1º out. de 2014.

Sobre as substâncias citadas no texto, é correto afirmar:

- a) A fórmula do óxido de chumbo é Pb<sub>2</sub>O.
- b) Os óxidos de cálcio e alumínio são óxidos moleculares.
- c) Um dos óxidos ácidos citados no texto é o óxido de cálcio.
- d) A forma correta de escrita da fórmula do óxido de alumínio é Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
- e) Sílica é constituída por hidróxido de silício.

### 20. UFSM-RS

C7-H24

Na produção de eletricidade, são, algumas vezes, usados geradores a óleo. Quando o óleo queima, produz SO<sub>2</sub>, que deve ser eliminado antes de ser emitido ao ar, pois é formador de chuva ácida. Um dos métodos para a sua eliminação usa o calcário, produzindo sul to de cálcio que, posteriormente, é removido por precipitação eletrostática.

As reações envolvidas na eliminação do SO<sub>2</sub> são:

- I.  $\text{CaCO}_{3(\text{s})} \rightarrow \text{CaO}_{(\text{s})} + \text{CO}_{2(\text{g})}$
- II.  $\text{CaO}_{(\text{s})} \rightarrow \text{SO}_{2(\text{g})} + \text{CaSO}_{3(\text{s})}$

As reações 1 e 2 denominam-se, respectivamente, reações de

- a) deslocamento e análise.
- b) deslocamento e síntese.
- c) síntese e análise.
- d) análise e síntese.
- e) síntese e deslocamento.

## 7

# REAÇÕES INORGÂNICAS DE SIMPLES E DUPLA TROCA

- Reações de simples troca ou deslocamento
- Reações de simples troca ou deslocamento de metais
- Reações de simples troca ou deslocamento de não metais
- Apresentar a equação geral para uma reação de dupla troca
- Condições para ocorrência de dupla troca

## HABILIDADES

- Reconhecer e equacionar reações de simples troca.
- Dominar o conceito de metal reativo e metal nobre.
- Utilizar a fila de reatividade dos metais e dos não metais sem, contudo, precisar memorizá-la.
- Reconhecer a ocorrência de transformações químicas no dia a dia e no sistema produtivo, por meio de evidências macroscópicas (mudanças de cor, desprendimento de gás, mudanças de temperatura, formação de precipitado, emissão de luz etc.), da formação de novos materiais (produtos) com propriedades distintas dos de partida (reagentes).

## Reação de simples troca ou deslocamento

Reações de simples troca (ou deslocamento) ocorrem quando um elemento (frequentemente um metal) substitui outro elemento de um composto. Podem ocorrer de duas formas: troca catiônica ou troca aniônica. Nas trocas catiônicas, os íons positivos (cátions) da equação mudam de lugar. Em trocas aniônicas, os íons negativos (ânions) mudam, também, de lugar.

A equação geral para uma reação catiônica de simples troca é:

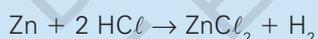
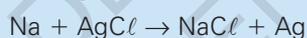


Ou seja, uma substância simples reage com uma substância composta, produzindo nova substância simples e nova substância composta.

A equação geral para uma reação aniônica de simples troca é:



### Exemplos



### Observação

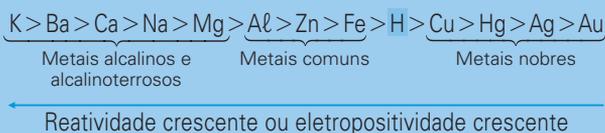
Toda reação de simples troca ocorre com transferências de elétrons, sendo considerada uma reação de oxirredução.

## Ocorrência de reação de simples troca ou deslocamento

O simples fato de colocar as substâncias reagentes num sistema comum não é condição exclusiva para uma reação química ocorrer. É necessário contato entre os reagentes e afinidade química entre eles. As reações de deslocamento ou simples troca caracterizam-se pela maior reatividade do elemento da substância simples em comparação com um dos elementos presentes na substância composta.

### DESLOCAMENTO POR METAIS (CATIÔNICO)

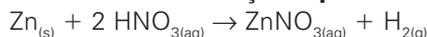
Os átomos dos metais possuem grandes raios e elétrons livres na camada de valência, o que lhes atribui grande capacidade de doar elétrons (eletropositividade). Tal capacidade varia de um metal para outro. Observações experimentais possibilitaram colocar os principais metais em ordem decrescente de eletropositividade, a que se dá o nome de fila das tensões eletrolíticas ou fila de reatividade.



Com base na fila de reatividade, podemos prever a ocorrência ou não das reações de deslocamento envolvendo metais. Assim, o metal mais eletropositivo (esquerda) cederá elétrons (deslocará) a qualquer outro metal menos eletropositivo (direita).

### Exemplos

#### 1. Lâmina de zinco em solução aquosa de HCl



Essa reação ocorre, pois o Zn é mais reativo do que o hidrogênio.

#### 2. Lâmina de cobre em solução aquosa de HCl



A reação não ocorre, pois o cobre é menos reativo do que o hidrogênio.

### Observação

Nos casos de reações de metais com ácidos, observa-se a posição do metal na fila de reatividade, pois os localizados à esquerda do hidrogênio reagem com ácidos, liberando  $\text{H}_2$  (gás hidrogênio).

#### 3. Lâmina de zinco em solução aquosa de cloreto de cobre II



Percebe-se que os íons cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), embora presentes nas equações, não interferem na transformação – **são íons espectadores**.

### Metais nobres

Entendemos por nobreza a característica de o metal não apresentar tendência a tomar parte em reações de deslocamento, ou seja, a nobreza é o oposto da reatividade e caracteriza estabilidade reacional.

O  $\text{HNO}_3$  e o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrados, por serem reagentes muito oxidantes, conseguem reagir com metais nobres, mas não liberam gás hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), como em uma típica reação de deslocamento.

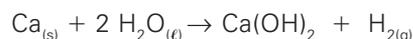
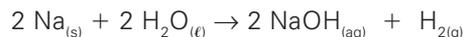
Isso ocorre porque, estando os metais nobres à direita do H na fila de reatividade, estes não poderão deslocá-lo do ácido. Assim, essas reações são mais complexas.



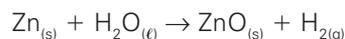
### Metais com água

A seguir, são apresentadas as reações desse tipo que se destacam.

- Os metais alcalinos e alcalinoterrosos reagem violentamente com a água à temperatura ambiente, formando os hidróxidos correspondentes e liberando gás hidrogênio, além de grande emissão de calor.



- Os metais comuns reagem com a água por aquecimento, formando os óxidos correspondentes e liberando gás hidrogênio.

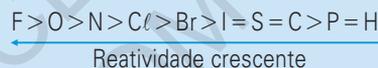


- Os metais nobres não reagem com a água.

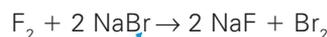
## DESLOCAMENTO POR NÃO METAIS (ANIÔNICO)

Nos casos de reações de deslocamento com não metais, verifica-se que todos tendem a receber elétrons. Tal capacidade varia, isto é, alguns não metais têm maior eletronegatividade e outros, menor (tendência para receber elétrons).

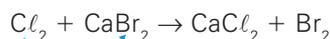
Observações experimentais tornaram possível colocar os não metais em fila de reatividade.



Com base nessa fila de reatividade, podemos prever a ocorrência das reações de deslocamento envolvendo não metais. Assim, a substância simples tem de ser um não metal mais reativo (recebe elétrons com maior facilidade), ou seja, encontra-se mais à esquerda na fila de reatividade comparado com o não metal da substância composta.



(F mais reativo que Br)



(Cl mais reativo que Br)

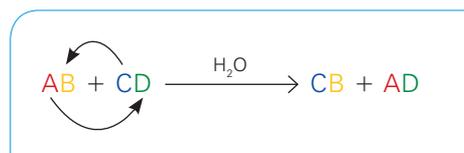


(I menos reativo que Cl)

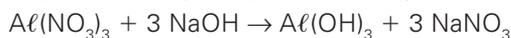
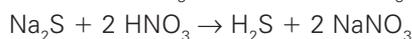
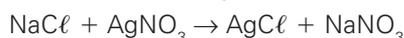
## Reações de dupla troca

Duas substâncias compostas reagem produzindo duas novas substâncias compostas. De modo genérico, é possível representar o processo por equações.

Representação genérica:

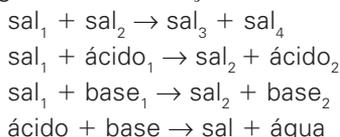


### Exemplos de reações de dupla troca



## OCORRÊNCIAS DAS REAÇÕES DE DUPLA TROCA

A reação de dupla troca envolve como reagentes duas substâncias compostas, que terão seus cátions trocados, dando origem a duas substâncias compostas, diferentes das anteriores. Nesse caso, pode-se ter as seguintes combinações:



Para verificar a ocorrência de uma das reações de dupla troca citadas, a reação química deve comportar-se de modo a atender pelo menos a uma dessas condições:

- formação de composto insolúvel em água — precipitado
- formação de composto volátil
- formação de um eletrólito fraco — ácido fraco ou base fraca
- formação de água

### Formação de um composto insolúvel

Para saber quando, em uma mistura de duas soluções aquosas, há reação de precipitação, é necessário conhecer a solubilidade das substâncias iônicas, pois somente os compostos de baixa solubilidade precipitam.

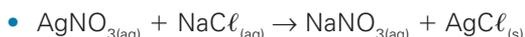
#### Observações

Dentre as funções inorgânicas, temos as seguintes regras de solubilidade em água a 25 °C:

- ácidos: são, em geral, solúveis;
- bases: são solúveis as bases formadas por metais alcalinos e pelo íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ); são pouco solúveis as bases formadas por metais alcalinoterrosos, exceto o Mg e o Be, que são insolúveis e são insolúveis todas as demais bases;
- sais: a solubilidade dos sais em água (25 °C) pode ser verificada de acordo com as regras a seguir.

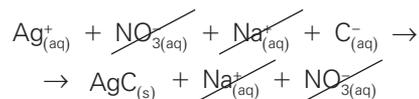
| Solúveis                               | Insolúveis (exceções)   |
|--|---|
| Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )           | —   |
| Cloratos ( $\text{ClO}_3^-$ )          | —   |
| Acetatos ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) | $\text{Ag}^+$ e $\text{Hg}_2^{2+}$                                    |
| Cloretos ( $\text{Cl}^-$ )             | $\text{AgCl}$ , $\text{PbCl}_2$ , $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$            |
| Brometos ( $\text{Br}^-$ )             | $\text{AgBr}$ , $\text{PbBr}_2$ , $\text{Hg}_2\text{Br}_2$            |
| Iodetos ( $\text{I}^-$ )               | $\text{AgI}$ , $\text{PbI}_2$ , $\text{Hg}_2\text{I}_2$               |
| Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )        | $\text{CaSO}_4$ , $\text{SrSO}_4$ , $\text{BaSO}_4$ , $\text{PbSO}_4$ |

| Insolúveis                        | Solúveis (exceções)  |
|-----------------------------------|--|
| Sulfetos ( $\text{S}^{2-}$ )      | Os demais metais alcalinos, o amônio, o $\text{Ca}^{2+}$ , o $\text{Sr}^{2+}$ e o $\text{Ba}^{2+}$ |
| Carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) | Os demais alcalinos e o amônio   |
| Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ )   | Os demais alcalinos e o amônio   |
| Os demais ânions não citados      | Os demais metais alcalinos e o amônio  |

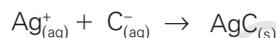


A reação ocorre porque se formou  $\text{AgCl}$  (cloreto de prata), que é sal insolúvel em água.

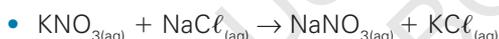
Equação iônica:



Equação iônica reduzida:



Os íons que foram anulados (“cortados”) são denominados **íons espectadores**, que, nessa equação, são:  $\text{Na}_{(\text{aq})}^+$  e  $\text{NO}_{3(\text{aq})}^-$ . Já os íons  $\text{Cl}_{(\text{aq})}^-$  e  $\text{Ag}_{(\text{aq})}^+$ , responsáveis pelo surgimento do **precipitado**, são os **íons atores**.

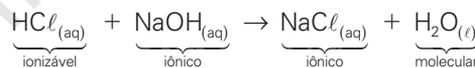


A reação não ocorre porque não se formou nenhum produto menos solúvel que os reagentes. Tanto o  $\text{NaNO}_3$  (nitrato de sódio) quanto o  $\text{KCl}$  (cloreto de potássio) são solúveis em água.

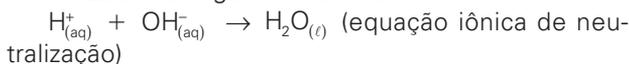
### Formação de um eletrólito fraco

A mistura de duas soluções iônicas pode colocar em contato íons capazes de formar eletrólitos fracos, isto é, compostos pouco ionizados, como a água e ácidos fracos.

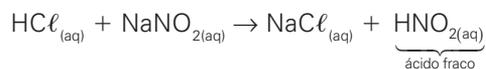
#### Exemplo



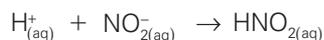
Toda reação de neutralização (entre um ácido e uma base) ocorre por meio da formação de água, que é um produto menos ionizado se comparado com seus reagentes. Sendo assim, sua equação iônica pode ser simbolizada da seguinte maneira:



#### Exemplo



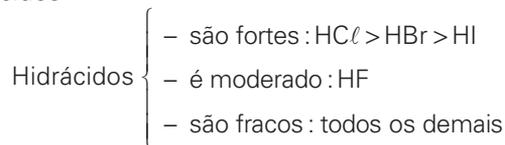
Fazendo a equação iônica dessa reação, teremos:



#### Observações

Quanto ao grau de ionização ou de dissociação iônica ( $\alpha$ ) das funções químicas, temos:

- Ácidos



**Oxiácidos:** serão mais fortes quanto maior for a diferença entre o número de oxigênio (O) menos o número de hidrogênio (H) ionizável.

- Se a diferença for zero → ácido fraco.

**Exemplo:**  $\text{H}_3\text{BO}_3$

- Se a diferença for 1 → ácido moderado.

**Exemplo:**  $\text{H}_2\text{SO}_3$

**Exceção:**  $\text{H}_2\text{CO}_3$  é fraco (instável), apesar de a diferença ser igual a 1.

- Se a diferença for 2 → ácido forte.

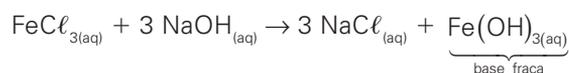
**Exemplo:**  $\text{H}_2\text{SO}_4$

- Se a diferença for 3 → ácido muito forte.

**Exemplo:**  $\text{HClO}_4$

#### • Bases

- São fortes as bases formadas por metais alcalinos e alguns alcalinoterrosos (exceto as bases formadas por Mg e Be, que são insolúveis).
- São fracas as demais bases.

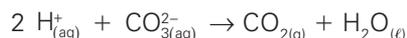


### Formação de substância volátil

Nesse caso, devemos ter a formação de pelo menos um produto mais volátil do que os reagentes.

Três reações são extremamente importantes:

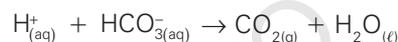
1. Reação de ácidos com carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), pois há a formação de ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), que é muito instável e fraco, portanto sofre decomposição, liberando gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e água.



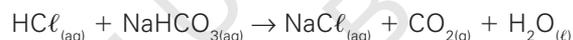
Um exemplo fundamental é a reação da chuva ácida com carbonato de cálcio (composição das estátuas).



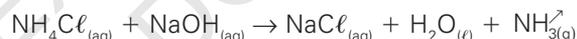
2. Reação de ácidos com carbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), pois há a formação de ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), que é muito instável e fraco, portanto sofre decomposição, liberando gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e água.



Um exemplo é a reação que ocorre quando se usa o  $\text{NaHCO}_3$  (bicarbonato de sódio) para diminuir a acidez estomacal, fazendo este reagir com o ácido clorídrico presente no estômago.

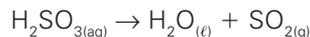


3. Reação de formação do hidróxido de amônio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), que é uma base fraca e que sofre decomposição, liberando gás amônia ( $\text{NH}_3$ ) e água.



#### Observação

O ácido sulfuroso ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) também é fraco e sofre decomposição, liberando gás dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e água.



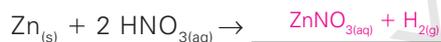
MATERIAL DE ENSINO  
SISTEMA DE ENSINO

# ROTEIRO DE AULA

## Reações de simples troca

Reações de deslocamento de metais

Reação metal com ácido:



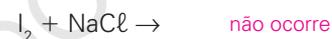
Reação metal com água:



Reação metal nobre com ácido:



Reações de deslocamento de não metais



MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SCS  
SISTEMA DE ENSINO DEUSCO

## ROTEIRO DE AULA

REAÇÕES DE  
DUPLA TROCA

## Equação Geral:

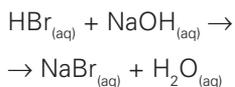


Condições para ocorrer as reações de dupla troca

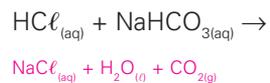
Formação de um produto insolúvel



Formação de um eletrólito fraco



Formação de um produto volátil



## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **UERN** – A neutralização parcial do ácido sulfúrico com o hidróxido de potássio forma um sal e água. O sal originado por meio dessa reação é o

- a) sulfito de potássio.                      c) bissulfito de potássio.  
b) sulfato de potássio.                      d) bissulfato de potássio

A reação de neutralização parcial ocorre quando a quantidade de cátions  $H^+$  liberados pelo ácido e a quantidade de ânions  $OH^-$  liberados pela base não são iguais. Assim, temos:  $KOH + H_2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + H_2O$

Bissulfato de potássio

2. **SLMANDIC-SP** – Reações químicas são mudanças na maneira que os átomos estão combinados, formando novas substâncias, com novas propriedades. Como os átomos, moléculas e demais compostos são invisíveis a olho nu, recorremos às evidências perceptíveis aos nossos sentidos para verificar a ocorrência ou não de uma transformação química. Indique a alternativa que apresenta uma evidência de que está ocorrendo uma reação química:

- a) Formação de montes de areia pela ação dos ventos em dunas.  
b) Estalo que se ouve quando um pedaço de corda tensionada se rompe.  
c) Mudança da cor de peças anatômicas humanas ao serem dissecadas.  
d) Liberação de vapor na água fervente.  
e) Formação de serragem quando um marceneiro lixa um pedaço de madeira.

Muitas vezes, as reações químicas ocorrem sem que percebamos a primeira vista. Porém, alguns sinais podem ser evidências de que está ocorrendo **reação química**. Os sinais mais frequentes são mudança de cor, borbulhação (liberação de gás), mudança ou formação de cheiro (odor), liberação de luz ou calor, formação de precipitado.

3. **UEA-AM**

C7-H24

Um dos métodos de produção de hidrogênio em laboratório é pela reação de ácidos com certos metais. Um metal que reage com ácido clorídrico produzindo esse gás é

- a) o zinco.                      c) o ouro.                      e) a prata.  
b) a platina.                      d) o cobre.

Consultando a fila de reatividade dos metais, vemos que o zinco é mais reativo do que o hidrogênio.



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

4. **UECE** – A fila de reatividade dos metais mais comuns é a seguinte:

K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Fe, Cu, Hg, Ag, Au

Reatividade crescente

Consultando essa fila, escolha a alternativa cuja reação química não ocorre:

- a)  $Mg + CuBr_2 \rightarrow Cu + MgBr_2$   
b)  $Ca + FeSO_4 \rightarrow Fe + CaSO_4$   
c)  $Hg + ZnCl_2 \rightarrow Zn + HgCl_2$   
d)  $Cu + 2 AgCl \rightarrow 2 Ag + AgCl_2$   
e)  $Zn + 2 HCl \rightarrow H_2 + ZnCl_2$

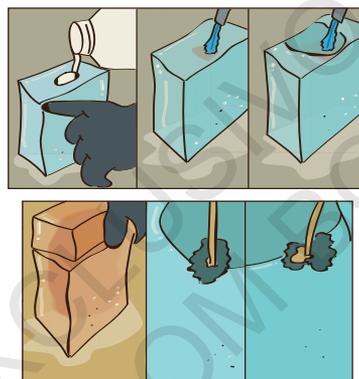
Consultando a fila de reatividade dos metais, vemos que Zn é mais reativo que Hg. Veja que o Zn está à esquerda do Hg.

K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Fe, Cu, Hg, Ag, Au

Reatividade crescente

Assim, essa reação ocorre.

5. **UPE** – Um bloco de gelo seco foi cortado em duas partes. Em uma delas, foi feita uma cavidade para onde se transferiram raspas de magnésio. Depois, com o auxílio de um maçarico manual, uma parte do magnésio foi queimada, e o bloco, tampado. O restante do metal queimou, deixando o bloco parecido com uma luminária, da qual saía uma fumaça preta. Após o fim da queima, com o auxílio de um palito, um material foi retirado da cavidade do bloco. Ele era constituído por uma mistura de dois sólidos, um branco e outro preto, que são estáveis à temperatura ambiente. A figura a seguir ilustra esse processo.



Sobre esse processo, é correto afirmar que,

- a) antes do uso do maçarico, o Mg reagiu com o  $CO_2$  liquefeito, produzindo carbonato de magnésio.  
b) antes de o bloco ser tampado, o Mg reagiu com o  $CO_2$  atmosférico para produzir CO e vapor-d'água.  
c) quando a chama do maçarico entrou em contato com o Mg, teve início a produção do hidróxido de magnésio, que é o sólido preto retirado com o palito.  
d) após o bloco ser tampado, o Mg reagiu com o  $CO_2$  sublimado, produzindo óxido de magnésio e carbono.  
e) após o final da combustão, há formação de hidróxido de magnésio e carbono, que são os dois sólidos constituintes da mistura.

Adição de Mg ao  $CO_2$  ocorre com reação de simples troca, onde o metal (Mg) desloca o primeiro elemento da substância composta (C), pois o Mg é mais eletropositivo que o C. Veja a equação:

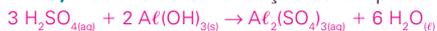


O C é a fuligem, de cor negra, sendo, então, o MgO um sólido branco.

6. **IFMT** – O sulfato de alumínio é um sal usado frequentemente como um agente floculante no tratamento de água. É produzido através da reação ácido/base, entre o ácido sulfúrico  $H_2SO_4$  e o hidróxido de alumínio  $Al(OH)_3$ , conforme descrito a seguir:  $H_2SO_4 + Al(OH)_3 \rightarrow$

Análise a reação e assinale a alternativa correta.

- a) Trata-se de uma reação de dupla troca produzindo um produto menos ionizado que, nesse caso, trata-se da água.  
b) Trata-se de uma reação de dupla troca produzindo um produto menos ionizado que, nesse caso, trata-se do  $Al_2(SO_4)_3$ .  
c) Trata-se de uma reação de simples troca produzindo  $Al_2(SO_4)_3$  insolúvel.  
d) Trata-se de uma reação de dupla troca produzindo um produto gasoso.  
e) Trata-se de uma reação de simples troca entre ácidos.



Toda reação de neutralização (entre um ácido e uma base) ocorre por meio da formação de água, que é um produto menos ionizado se comparado com seus reagentes.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. Unisc-RS** – As fórmulas corretas de ácido e da base que, por neutralização, produzem  $\text{FePO}_4$ , além de água, são, respectivamente,

- a)  $\text{H}_3\text{PO}_4$  e  $\text{Fe}(\text{OH})_2$   
 b)  $\text{H}_3\text{PO}_4$  e  $\text{Fe}(\text{OH})_3$   
 c)  $\text{H}_2\text{PO}_4$  e  $\text{Fe}(\text{OH})_2$   
 d)  $\text{H}_2\text{PO}_4$  e  $\text{Fe}(\text{OH})_3$   
 e)  $\text{H}_3\text{PO}_3$  e  $\text{Fe}(\text{OH})_2$

**8. UNESP** – Analise o quadro 1, que apresenta diferentes soluções aquosas com a mesma concentração em mol/L e à mesma temperatura.

| Quadro 1 |                  |                            |
|----------|------------------|----------------------------|
| Solução  | Nome             | Fórmula                    |
| 1        | nitrito de bário | $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$ |
| 2        | cromato de sódio | $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  |
| 3        | nitrito de prata | $\text{AgNO}_2$            |
| 4        | nitrito de sódio | $\text{NaNO}_2$            |

O quadro 2 apresenta o resultado das misturas, de volumes iguais, de cada duas dessas soluções.

| Quadro 2 |                                    |
|----------|------------------------------------|
| Mistura  | Resultado                          |
| 1 + 2    | formação de precipitado (ppt 1)    |
| 1 + 3    | não ocorre formação de precipitado |
| 1 + 4    | não ocorre formação de precipitado |
| 2 + 3    | formação de precipitado (ppt 2)    |
| 2 + 4    | não ocorre formação de precipitado |
| 3 + 4    | não ocorre formação de precipitado |

De acordo com essas informações, os precipitados formados, ppt 1 e ppt 2, são, respectivamente,

- a)  $\text{BaCrO}_4$  e  $\text{NaNO}_2$       d)  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  e  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$   
 b)  $\text{BaCrO}_4$  e  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$       e)  $\text{NaNO}_2$  e  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$   
 c)  $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$  e  $\text{AgNO}_2$

**9. UDESC** – As reações químicas que resultam na formação de um produto insolúvel são conhecidas como reações de precipitação. Um exemplo desse tipo de reação é a adição de uma solução incolor de iodeto de potássio a uma solução incolor de nitrito de chumbo que produz um precipitado amarelo de iodeto de chumbo e nitrito de potássio aquoso.

A equação que representa essa reação de forma correta e devidamente balanceada é

- a)  $\text{PbNO}_{3(\text{aq})} + \text{KIO}_{3(\text{aq})} \rightarrow \text{PbIO}_{3(\text{s})} + \text{KNO}_{3(\text{aq})}$   
 b)  $\text{Pb}(\text{NO}_2)_{3/2(\text{aq})} + 2 \text{KI}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{PbI}_{2(\text{s})} + 2 \text{KNO}_{3(\text{aq})}$   
 c)  $\text{Pb}(\text{NO}_2)_{3/2(\text{aq})} + \text{KI}_{2(\text{aq})} \rightarrow \text{PbI}_{2(\text{s})} + \text{K}(\text{NO}_2)_{3/2(\text{aq})}$   
 d)  $\text{Pb}(\text{NO}_2)_{2/2(\text{aq})} + \text{KIO}_{3(\text{aq})} \rightarrow \text{Pb}(\text{IO}_3)_{2/2(\text{s})} + 2 \text{KNO}_{2/2(\text{aq})}$   
 e)  $\text{Pb}(\text{NO}_2)_{2/2(\text{aq})} + 2 \text{KI}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{PbI}_{2(\text{s})} + 2 \text{KNO}_{2/2(\text{aq})}$

**10. UDESC (adaptado)** – O ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) é um dos produtos químicos de maior importância industrial, sendo utilizado em uma variedade de reações químicas, como as mostradas a seguir.

- a)  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})} + \text{NaOH}_{(\text{aq})} \rightarrow \dots$   
 b)  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})} + \text{BaCl}_{2(\text{aq})} \rightarrow \dots$   
 c)  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})} + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_{3(\text{aq})} \rightarrow \dots$

Dê os produtos formados nas reações.

**11. PUC-PR** – Um experimento realizado por um grupo de estudantes de química consiste em determinar o volume de gás liberado em uma reação química específica. Em um balão (A) de 500 mL, foram adicionados 12,0 g de magnésio metálico puro, juntamente com uma solução de 100,0 mL de  $\text{HCl}$  12,0 mol/L. Ao balão (A), foi acoplado um tubo de vidro, a fim de coletar o gás desprendido da reação. O gás foi transferido para um recipiente (B), que está a uma temperatura de 27 °C e pressão de 760 mmHg. Considere que o volume do tubo de vidro é desprezível e que todo o gás produzido na reação foi transferido para o recipiente (B).

**Dados:**  $M_{\text{g}} = 24 \text{ g/mol}$ ;  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K}$

De acordo com o enunciado anterior, julgue as afirmativas.

- I. Trata-se de uma reação de simples troca ou deslocamento.  
 II. O gás produzido na reação química é o gás carbônico  $\text{CO}_2$ .  
 III. O gás produzido na reação química é o gás hidrogênio  $\text{H}_2$ .  
 IV. Todo o magnésio metálico foi consumido; portanto, este é o reagente limitante.  
 V. O volume de gás coletado no recipiente (B) é igual a 12,3 L.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I, III, IV e V estão corretas.  
 b) Somente as afirmativas III e V estão corretas.  
 c) Somente a afirmativa V está correta.  
 d) Somente as afirmativas I e III estão corretas.  
 e) Somente as afirmativas II, III e IV estão corretas.

**12. PUC-RS (adaptado)** – Adicionou-se uma porção de magnésio a uma solução de ácido clorídrico em um frasco de erlenmeyer. Na boca do frasco, adaptou-se um balão de borracha bastante flexível. Após algum tempo, o balão encheu-se de gás. Ele ascendeu após ter sua ponta amarrada e ser solto no ar. Ao aproximar um palito de fósforo aceso, ele explodiu.

Com base nessas informações citadas no texto, represente a equação do metal com o ácido clorídrico.

**13. Mackenzie-SP** – Da equação
$$2 \text{NaBr} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{Br}_2$$
, conclui-se que

- a) o bromo é mais reativo que o cloro.  
 b) ocorre uma reação de dupla troca.  
 c) o cloro é mais reativo que o bromo, deslocando-o.  
 d) o sódio é mais eletronegativo que o cloro.  
 e) a molécula de bromo é monoatômica.

**14. UFPA (adaptado)** – O ácido sulfúrico é o produto químico mais utilizado na indústria; por isso, costuma-se dizer que o consumo de ácido sulfúrico mede o desenvolvimento industrial de um país.

O  $\text{H}_2\text{SO}_4$  puro é um líquido incolor, oleoso, denso ( $d = 1,84 \text{ g/mL}$ ), corrosivo e extremamente solúvel em água (para diluí-lo, deve-se despejá-lo lentamente em água, e nunca o contrário, pois, em razão do calor liberado, quando se despeja água sobre  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , ela vaporiza rapidamente e pode se projetar contra as mãos ou o rosto do operador). O  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ferve a  $338 \text{ }^\circ\text{C}$ , que é um valor bem acima da temperatura de ebulição dos ácidos comuns; por isso, é considerado um ácido fixo, isto é, pouco volátil.

- a) A reação a seguir apresenta uma das utilizações do ácido sulfúrico. Escreva os produtos e classifique-a quanto ao tipo de reação.



- b) Indique a que funções inorgânicas pertencem os produtos da reação do item a e indique se a reação ocorre.

**15. UFTM-MG** – Uma lâmina de zinco desgasta-se com efervescência, se for mergulhada em uma solução aquosa  $1,0 \text{ mol/L}$  a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  de

- a)  $\text{NaCl}$   
 b)  $\text{HCl}$   
 c)  $\text{KNO}_3$   
 d)  $\text{CuSO}_4$   
 e)  $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$

**16. Unir-RO (adaptado)** – Em um tubo de ensaio contendo certa quantidade de zinco em pó, colocou-se uma quantidade suficiente de solução aquosa de sulfato de cobre II. Na sequência, o tubo foi agitado. Represente a equação do metal com a solução descrita no texto.**17. Unifor-CE** – Num laboratório, foram feitos testes para avaliar a reatividade de três metais: cobre, Cu, magnésio, Mg, e zinco, Zn. Para tanto, cada um desses metais foi mergulhado em três soluções diferentes: uma de nitrato de cobre,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ , uma de nitrato de magnésio,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ , e uma de nitrato de zinco,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ . Neste quadro, estão resumidas as observações feitas ao longo dos testes:

|                                | Cobre     | Magnésio  | Zinco     |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(aq)$ | não reage | reage     | reage     |
| $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2(aq)$ | não reage | não reage | não reage |
| $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2(aq)$ | não reage | reage     | não reage |

Considerando essas informações, é correto afirmar que a disposição dos três metais testados, segundo a ordem crescente de reatividade de cada um deles, é

- a) Cu / Mg / Zn.  
 b) Mg / Zn / Cu.  
 c) Cu / Zn / Mg.  
 d) Zn / Cu / Mg.  
 e) Mg / Cu / Zn.

**ESTUDO PARA O ENEM****18. Unisinos-SP**

C7-H24

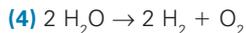
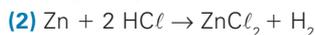
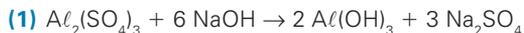
**QUÍMICA É VIDA**

Há muitos séculos, o homem começou a estudar os fenômenos químicos. Os alquimistas podiam buscar a transmutação de metais, enquanto outros buscavam o elixir da longa vida. Mas o fato é que, ao misturarem extratos de plantas e substâncias retiradas de animais, nossos primeiros químicos também já estavam procurando encontrar poções que curassem doenças ou que, pelo menos, aliviassem as dores dos pobres mortais. Com seus experimentos, eles davam início a uma ciência que amplia constantemente os horizontes do homem. Com o tempo, foram sendo descobertos novos produtos, novas aplicações, novas substâncias. O homem foi aprendendo a sintetizar elementos pre-

sentes na natureza, a desenvolver novas moléculas, a modificar a composição de materiais. A química foi se tornando mais e mais importante até ter uma presença tão grande em nosso dia a dia, que nós nem nos damos mais conta do que é ou não é química. O que sabemos, no entanto, é que, sem a química, a civilização não teria atingido o atual estágio científico e tecnológico que permite ao homem sondar as fronteiras do Universo, deslocar-se à velocidade do som, produzir alimentos em pleno deserto, tornar potável a água do mar, desenvolver medicamentos para doenças antes consideradas incuráveis e multiplicar bens e produtos cujo acesso era restrito a poucos privilegiados. Tudo isso porque QUÍMICA É VIDA.

Disponível em: <<http://abiquim.org.br/>>. Acesso em: 4 maio 2016.

Numere a segunda coluna de acordo com a primeira, que mostra algumas reações do cotidiano:



Reação de análise

Reação de síntese

Reação de simples troca

Reação de dupla troca

A numeração correta, de cima para baixo, é

**a)** 1 – 2 – 3 – 4

**b)** 2 – 1 – 4 – 3

**c)** 4 – 3 – 2 – 1

**d)** 3 – 4 – 1 – 1

**e)** 1 – 2 – 4 – 3

### 19. Enem

C7-H24

Os tubos de PVC, material organoclorado sintético, são normalmente utilizados como encanamento na construção civil. Ao final da sua vida útil, uma das formas de descarte desses tubos pode ser a incineração. Nesse processo, libera-se  $HCl_{(g)}$ , cloreto de hidrogênio, dentre outras substâncias. Assim, é necessário um tratamento para evitar o problema da emissão desse poluente.

Entre as alternativas possíveis para o tratamento, é apropriado canalizar e borbulhar os gases provenientes da incineração em

**a)** água dura.

**d)** água destilada.

**b)** água de cal.

**e)** água desmineralizada.

**c)** água salobra.

### 20. Enem

C7-H24

Os métodos empregados nas análises químicas são ferramentas importantes para se conhecer a composição dos diversos materiais presentes no meio ambiente. É comum, na análise de metais presentes em amostras ambientais, como água de rio ou de mar, a adição de um ácido mineral forte, normalmente o ácido nítrico ( $HNO_3$ ), com a finalidade de impedir a precipitação de compostos pouco solúveis desses metais ao longo do tempo. Na ocorrência de precipitação, o resultado da análise pode ser subestimado, porque

**a)** ocorreu passagem de parte dos metais para uma fase sólida.

**b)** houve volatilização de compostos dos metais para a atmosfera.

**c)** os metais passaram a apresentar comportamento de não metais.

**d)** formou-se uma nova fase líquida, imiscível com a solução original.

**e)** os metais reagiram com as paredes do recipiente que contém a amostra.

MATERIAL DE USO EDUCACIONAL  
SISTEMA DE ENSINO

## 8

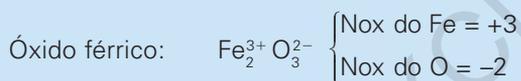
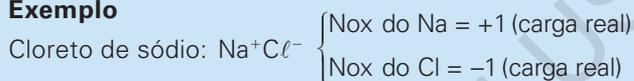
# NÚMERO DE OXIDAÇÃO E AGENTES OXIDANTE E REDUTOR

## Número de oxidação - Nox

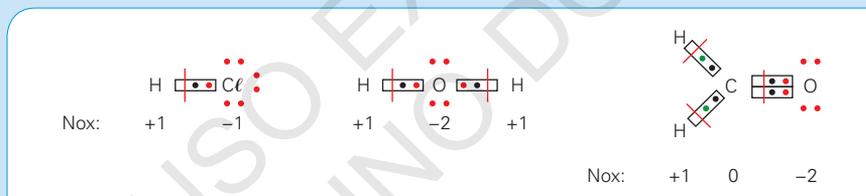
É o número que designa a carga elétrica, real ou aparente (teórica), de um átomo em função da diferença de eletronegatividade entre ele e seus ligantes.

**Compostos iônicos:** carga real

**Exemplo**



**Compostos moleculares ou covalentes:** carga aparente



- Definir número de oxidação (Nox)
- Mostrar as regras de determinação do Nox
- Definir oxidação e redução, agentes oxidantes e redutores
- Mostrar as reações de oxirredução

### HABILIDADES

- Reconhecer, em nível introdutório, a transferência de elétrons entre espécies.
- Saber que, em íons monoatômicos, o número de oxidação é a própria carga do íon.
- Caracterizar os processos de oxidação e redução.
- Interpretar os processos de oxidação e redução com base nas ideias sobre a estrutura da matéria.
- Reconhecer, pela equação química, que uma reação é de oxirredução.
- Identificar os elementos que sofrem oxidação e redução em uma oxirredução.

## Regras para determinação do Nox

- **Substâncias simples:** Nox será sempre **zero**, pois não há nem perda nem ganho de elétrons.

| Elementos               | Nox  | Exemplos  |
|-------------------------|------|---|
| Nas substâncias simples | zero | $\text{H}_2 \quad \text{O}_2 \quad \text{Al}$<br>Nox: 0   0   0 |

- **Família IA (grupo 1),  $\text{Ag}^+$  e  $\text{NH}_4^+$ :** Nox sempre +1 são sempre doadores de um elétron.

|                                       |    |  |
|---------------------------------------|----|--|
| Família 1 (IA) – Ag e $\text{NH}_4^+$ | +1 | $\text{AgCl} \quad \text{NaCl} \quad \text{NH}_4^+$<br>Nox: +1   +1   +1 |
|---------------------------------------|----|--|

- **Família II A (grupo 2) e Zn:** Nox sempre +2 são sempre doadores de dois elétrons.

|                      |    |   |
|----------------------|----|---|
| Família 2 (IIA) e Zn | +2 | $\text{CaSO}_4 \quad \text{ZnCl}_2$<br>Nox: +2   +2 |
|----------------------|----|---|

- **Alumínio (Al):** Nox +3, ou seja, é sempre doador de três elétrons.

|    |    |                            |
|----|----|----------------------------|
| Al | +3 | $\text{AlCl}_3$<br>Nox: +3 |
|----|----|----------------------------|

- **Família VI A (grupo 16):** Quando à direita da fórmula tem Nox –2, ou seja, são receptores de dois elétrons.

|  |    |  |
|--|----|--|
| Família 16 (VIA) – “À direita”<br>O S Se Te Po | –2 | $\text{H}_2\text{S} \quad \text{H}_2\text{Se}$<br>Nox: –2   –2 |
|--|----|--|

- **Família VII A (grupo 17):** Quando à direita da fórmula tem Nox –1, ou seja, são receptores de um elétron.

|  |    |  |
|--|----|--|
| Família 17 (VIIA) – “À direita”<br>F Cl Br I | –1 | $\text{NaCl} \quad \text{FeI}_2$<br>Nox: –1   –1 |
|--|----|--|

- **Hidrogênio ligado a metais das famílias IA e IIA:** Nox  $-1$ . Nesse caso, o H é a espécie receptora de um elétron.

|   |      |                           |                |
|---|------|---------------------------|----------------|
| Hidrogênio com metal (os metais estão à esquerda na Tabela) | $-1$ | Na $\square$ Ca $\square$ | Nox: $-1$ $-1$ |
|---|------|---------------------------|----------------|

- **Oxigênio:** geralmente tem Nox  $-2$ , ou seja, receptor de dois elétrons.

|          |      |                               |                |
|----------|------|-------------------------------|----------------|
| Oxigênio | $-2$ | H $_2$ $\square$ Ca $\square$ | Nox: $-2$ $-2$ |
|----------|------|-------------------------------|----------------|

Exceto nos peróxidos, onde o oxigênio tem Nox  $-1$ , isto é, receptor de um elétron.

|                        |      |                               |                |
|------------------------|------|-------------------------------|----------------|
| Oxigênio nos peróxidos | $-1$ | H $_2$ $\square$ Ca $\square$ | Nox: $-1$ $-1$ |
|------------------------|------|-------------------------------|----------------|

- **Íons monoatômicos:** a carga do íon é o próprio Nox.

| Íon | Qualquer caso | A carga do íon | Na $^+$ $\Rightarrow$ Nox = +1<br>Ca $^{2+}$ $\Rightarrow$ Nox = +2<br>F $^-$ $\Rightarrow$ Nox = -1<br>N $^{3-}$ $\Rightarrow$ Nox = -3 |
|-----|---------------|----------------|--|
|-----|---------------|----------------|--|

- **A soma dos Nox nos compostos é sempre zero.**

|                      |                         |          |                         |     |
|----------------------|-------------------------|----------|-------------------------|-----|
|                      | <b>H<math>_2</math></b> | <b>S</b> | <b>O<math>_3</math></b> |     |
| <b>Nox</b>           | +1                      | +x       | -2                      |     |
| <b>Atomicidade</b>   | 2                       | x        | 3                       |     |
| <b>Cargas totais</b> | +2                      | +x       | -6                      | = 0 |

Portanto,  $x = 4$ ; como só existe um átomo de enxofre, o Nox será +4 do crômio.

|                      |                         |                          |                         |     |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----|
|                      | <b>K<math>_2</math></b> | <b>Cr<math>_2</math></b> | <b>O<math>_7</math></b> |     |
| <b>Nox</b>           | +1                      | +x                       | -2                      |     |
| <b>Atomicidade</b>   | 2                       | 2                        | 7                       |     |
| <b>Cargas totais</b> | +2                      | +2x                      | -14                     | = 0 |

Portanto,  $x = 12$ ; como existem dois átomos de crômio, o Nox será  $\frac{x}{2} = \frac{12}{2} = 6$ .

- **A soma dos Nox nos compostos iônicos é igual à sua carga.**

|                      |                         |                              |      |
|----------------------|-------------------------|------------------------------|------|
|                      | <b>C<math>_2</math></b> | <b>O<math>_4^{2-}</math></b> |      |
| <b>Nox</b>           | x                       | -2                           |      |
| <b>Atomicidade</b>   | 2                       | 8                            |      |
| <b>Cargas totais</b> | 2x                      | -8                           | = -2 |

Portanto,  $x = 6$ ; como existem dois átomos de crômio, o Nox será  $\frac{x}{2} = \frac{6}{2} = 3$ .

## AGENTES OXIDANTE E REDUTOR

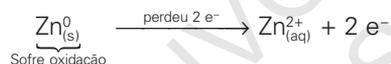
As reações de oxidação e redução estão presentes em nosso cotidiano. O processo de **oxidação** e o seu

oposto, o processo de **redução**, podem ser analisados em transformações importantes da química, genericamente chamadas de **reações de oxirredução ou redox**.

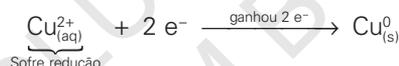
## Oxidação e redução

Oxidação e redução são processos que ocorrem simultaneamente, pois estão associados à transferência de elétrons. A esses dois processos ocorrendo simultaneamente damos o nome de **reação de oxirredução**.

**Oxidação:** é o processo no qual ocorre perda de elétrons por uma espécie química, ou seja, há um aumento no Nox.



**Redução:** é o processo no qual ocorre **ganho** de elétrons por uma espécie química.



Reações de oxirredução:



## Agentes oxidante e redutor

Em um processo de oxirredução, as espécies químicas que sofrem oxidação ou redução recebem nomes especiais, **agente oxidante** e **agente redutor**.

**Oxidante:** recebe elétrons, sofre redução e seu Nox diminui.

Para que o elemento sofra redução, é necessário causar a oxidação de outro elemento, daí o nome oxidante.

**Redutor:** cede elétrons, sofre oxidação e seu Nox aumenta.

Para que o elemento sofra oxidação, é necessário causar a redução de outro elemento, daí o nome redutor.



A espécie química que provoca a REDUÇÃO chama-se AGENTE REDUTOR.

A espécie química que provoca a OXIDAÇÃO chama-se AGENTE OXIDANTE.

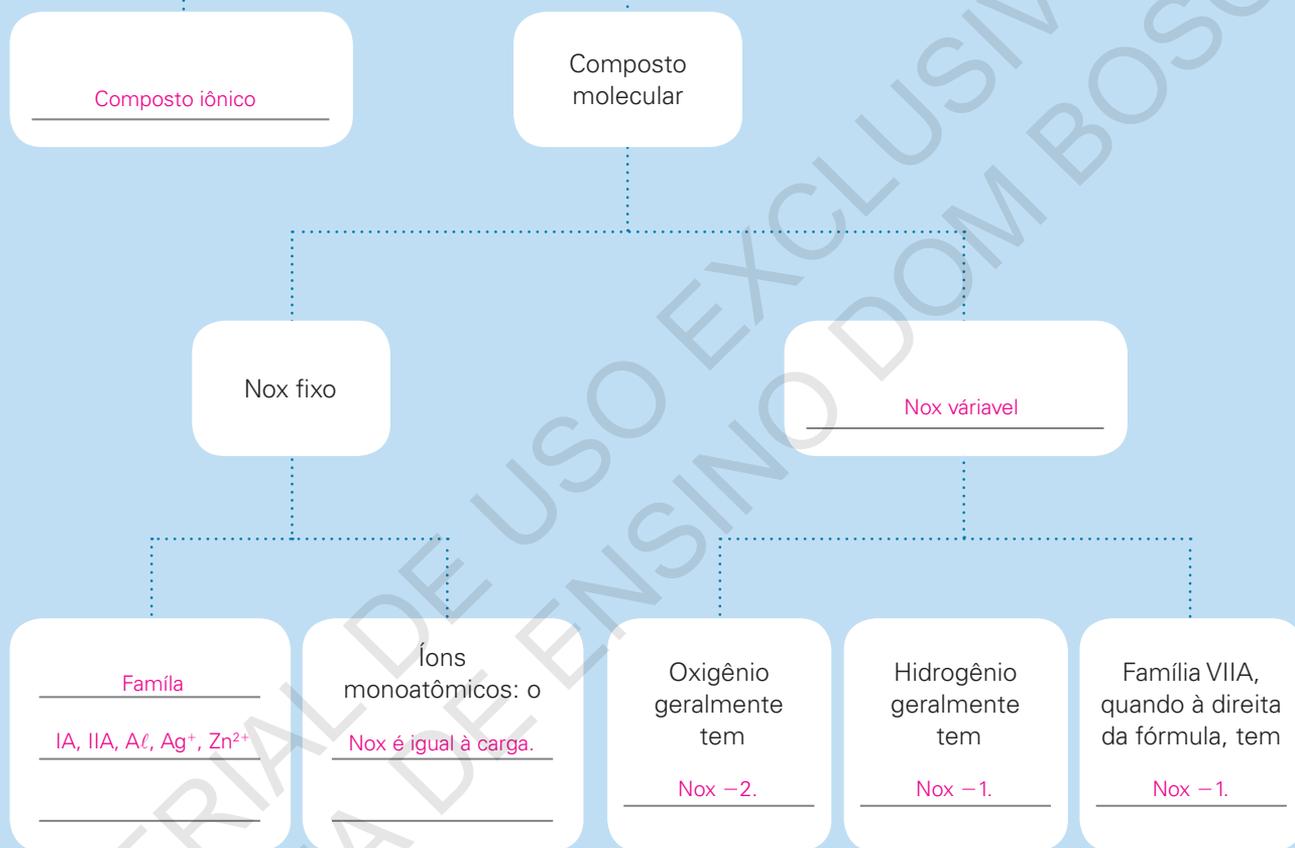
### Observação

Note que os agentes redutor e oxidante são as substâncias reagentes que possuem o elemento que sofreu oxidação ou redução, e não apenas o elemento em questão.

A oxidação e a redução são processos simultâneos e um não pode ocorrer sem o outro. Daí o termo oxirredução.

# ROTEIRO DE AULA

## Número de oxidação (Nox)



## ROTEIRO DE AULA

## Reações de oxidorredução

Oxidação: proceso de  
perda de elétrons

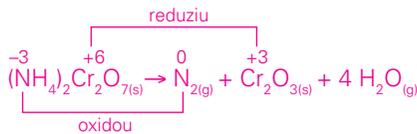
Redução: processo de  
ganho de elétrons

Agente redutor: contém a  
espécie que sofre oxidação.

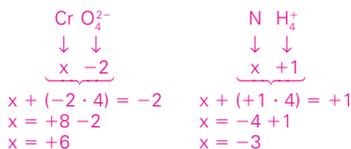
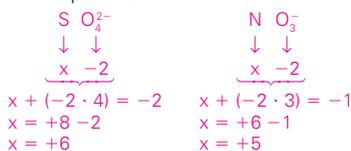
Agente oxidante: contém a  
espécie que sofre a redução.

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **Ulbra-RS** – A frase “O processo descrito é uma reação redox, pois o \_\_\_\_\_ sofre redução e o \_\_\_\_\_ sofre oxidação” fica correta, quando os espaços em branco são completados, respectivamente, pelas palavras
- a) hidrogênio; oxigênio.      **d)** cromo; nitrogênio.  
 b) cromo; hidrogênio.      **e)** nitrogênio; cromo.  
 c) oxigênio; cromo.



2. **UFES** – Nos Estados Unidos e no Canadá, são coletadas amostras de água de chuva, desde os anos 1970, com o intuito de determinar a acidez da água através de medida de pH e para a determinação do teor dos íons  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ . Determine o número de oxidação do enxofre, nitrogênio em suas espécies e cromo.

3. **Fatec-SP**

C7-H24

Estima-se que cerca de um bilhão de pessoas sofram com a falta de água potável no mundo. Para tentar combater esse tipo de problema, uma empresa desenvolveu um purificador de água distribuído na forma de um sachê, que é capaz de transformar dez litros de água contaminada em dez litros de água potável. Os principais componentes do sachê são sulfato de ferro (III) e hipoclorito de cálcio.

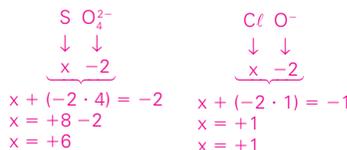
Para purificar a água, o conteúdo do sachê deve ser despejado em um recipiente com dez litros de água não potável. Depois, é preciso mexer a mistura por cinco minutos, para ocorrer a união dos íons cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e dos íons sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), produzindo sulfato de cálcio, que vai ao fundo do recipiente juntamente com a sujeira. Em seguida, a água deve ser passada por um filtro, que pode ser até mesmo uma camiseta de algodão limpa. Para finalizar, deve-se esperar por 20 minutos para que ocorra a ação bactericida dos íons hipoclorito,  $\text{ClO}^-$ .

Assim, em pouco tempo, uma água barrenta ou contaminada transforma-se em água limpa para o consumo.

Disponível em: <http://tinyurl.com/y7gdw9qx>.  
 Acesso em: out. 2018. Adaptado.

Os números de oxidação do enxofre e do cloro nos íons  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{ClO}^-$  são, respectivamente,

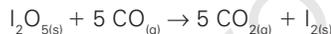
- a) +1 e -2      **c)** +5 e 0      **e)** +8 e +2  
 b) +4 e -1      **d)** +6 e +1



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

4. **UCS-RS** – O pentóxido de iodo é utilizado na detecção e quantificação do monóxido de carbono, em gases de escape de motores de combustão, de acordo com a equação química balanceada representada a seguir.



Posteriormente, a quantificação do CO pode ser feita, titulando-se o iodo formado, com tiosulfato de sódio.

Na detecção e quantificação do CO,

- a) o  $\text{I}_2\text{O}_5$  é o agente redutor.  
 b) ocorre a redução do iodeto.  
**c)** ocorre a oxidação do átomo de carbono do CO.  
 d) o  $\text{CO}_2$  é o agente oxidante.  
 e) ocorre uma transferência de elétrons do  $\text{I}_2\text{O}_5$  para o CO.

Agente oxidante  $\text{I}_2\text{O}_5$

Agente redutor CO



5. **UCB-DF** – Analise a substância sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) e encontre o número de oxidação do enxofre. Considere que o sódio é um metal alcalino (grupo I da Tabela Periódica) e o oxigênio está, assim como o enxofre, na família dos calcogênios (grupo 16).



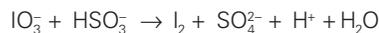
$$+2 + x - 8 = 0$$

$$x = -2 + 8$$

$$x = +6$$

O número de oxidação do enxofre é +6.

6. **Mackenzie-SP** – A respeito da equação iônica de oxirredução a seguir, não balanceada, são feitas as seguintes afirmações:

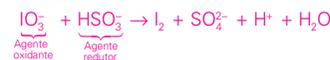


- I. Há transferência de elétrons do elemento enxofre para o elemento iodo.  
 II. O agente oxidante é o ânion iodato.  
 III. O composto que ganha elétrons sofre oxidação.  
 IV. O Nox do enxofre varia de +5 para +6.

Das afirmações anteriores, estão corretas somente

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

Temos:



O composto que ganha elétrons sofre redução e o composto que perde elétrons sofre oxidação, logo há uma transferência de elétrons do elemento que sofre oxidação para o elemento que sofre redução.

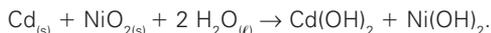
O Nox do enxofre varia de +4 para +6.

O Nox do iodo varia de +5 para 0.

- I. Correta.      III. Incorreta.  
 II. Correta.      IV. Incorreta.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. UECE (adaptado)** – Pilhas de Ni-Cd são muito utilizadas em eletrodomésticos caseiros, como em rádios portáteis, controles remotos, telefones sem fio e aparelhos de barbear. A reação de oxirredução desse tipo de pilha é



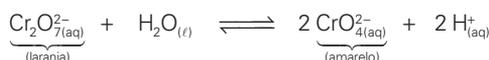
Qual o número de oxidação do cádmio e do níquel, nos compostos que aparecem na reação química?

**8. UFMG** – Os estados de oxidação dos elementos sublinhados são, na ordem a seguir, iguais a



- a) +5, +6, +6, -2 e -1      d) +7, +7, +6, +2 e -1  
 b) +5, +6, +6, +2 e -1      e) +5, +6, +12, -2 e +1  
 c) +7, +7, +12, -2 e +1

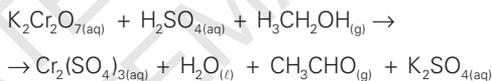
**9. FASM-SP** – Compostos contendo íons dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) ou cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) são tóxicos e carcinogênicos. O equilíbrio químico estabelecido entre esses íons em fase aquosa está representado na equação:



Soluções que contêm íons dicromato necessitam de tratamento prévio para serem descartadas diretamente no meio ambiente. Uma das etapas desse tratamento é a redução do íon dicromato para cromo (III). Qual a variação do número de oxidação do cromo no processo de redução descrito no texto.

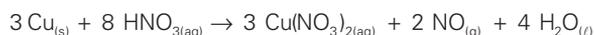
- a) +3 e redução      d) +4 e oxidação  
 b) +3 e oxidação      e) -4 e oxidação  
 c) -3 e redução

**10. UDESC (adaptado)** – O bafômetro é um aparelho utilizado para medir a quantidade de álcool etílico na corrente sanguínea de uma pessoa. A quantidade de álcool no ar expirado por uma pessoa é proporcional à quantidade na corrente sanguínea. A reação de oxidação – redução que ocorre é:



Considerando a reação anterior, indique os agentes oxidante e redutor.

**11. PUC-SP** – Dada a reação química balanceada, identifique a espécie que sofre redução, a espécie que sofre oxidação, o agente redutor e o agente oxidante e assinale a alternativa que apresenta a associação correta.



|    | Sofre redução    | Sofre oxidação   | Agente redutor   | Agente oxidante  |
|----|------------------|------------------|------------------|------------------|
| a) | HNO <sub>3</sub> | Cu               | HNO <sub>3</sub> | Cu               |
| b) | Cu               | HNO <sub>3</sub> | Cu               | HNO <sub>3</sub> |
| c) | Cu               | HNO <sub>3</sub> | HNO <sub>3</sub> | Cu               |
| d) | HNO <sub>3</sub> | Cu               | Cu               | HNO <sub>3</sub> |

**12. Famerp-SP** – A imagem mostra o resultado de um experimento conhecido como “árvore de prata”, em que fios de cobre retorcidos em formato de árvore são imersos em uma solução aquosa de nitrato de prata.

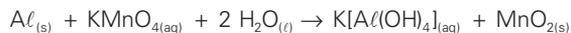
Nesse experimento, ocorre uma reação de oxirredução, na qual

- a) átomos de cobre se reduzem.  
 b) íons de cobre se reduzem.  
 c) íons de nitrato se oxidam.  
 d) íons de prata se reduzem.  
 e) átomos de prata se oxidam.

**13. UFRR** – Nas substâncias Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HPO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, KMnO<sub>4</sub> e Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, os números de oxidação dos elementos S, P, Mn e N são, respectivamente,

- a) +6, -3, -7 e +5      d) +6, +3, +7 e +5  
 b) -6, -3, +7 e -5      e) -6, -3, -7 e -5  
 c) +5, +7, +3 e +6

**14. Famema-SP** – Soluções aquosas de permanganato de potássio não devem ser colocadas em contato com recipientes de alumínio, pois reagem com esse metal, corroendo-o, de acordo com a equação:



a) Indique qual reagente atua como oxidante e qual reagente atua como redutor. Justifique sua resposta com base na variação dos números de oxidação.

b) Calcule a massa de alumínio que sofre corrosão quando uma solução contendo 10,0 g de permanganato de potássio reage completamente com esse metal.

**Dados:** O = 16 u; Al = 27 u; K = 39 u; Mn = 55 u

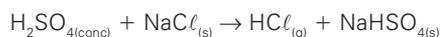
**15. Urca-CE** – Os números de oxidação do cromo e do manganês nos compostos CaCrO<sub>4</sub> e KMnO<sub>4</sub> são, respectivamente,

- a) +2 e +2      d) +6 e +6  
 b) -2 e -2      e) -6 e -6  
 c) +6 e +7

**16. Unirg-TO** – O cromato de potássio, quando dissolvido em água, apresenta coloração amarela. Ao acidificar o meio, a solução aquosa torna-se alaranjada como resultado da conversão dos íons cromato para íons dicromato. A fórmula iônica do íon dicromato e o estado de oxidação do cromo são, respectivamente,

- a)  $\text{CrO}_4^{2-}$  e +6                      c)  $\text{CrO}_4^{2-}$  e +3  
b)  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  e +6                      d)  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  e +3

**17. PUC-SP** – A obtenção de gás cloro ( $\text{Cl}_2$ ) em laboratório é realizada em duas etapas. Na primeira, ácido sulfúrico concentrado é gotejado sobre cloreto de sódio sólido, obtendo-se o gás clorídrico. Em seguida, uma solução concentrada de ácido clorídrico reage com dióxido de manganês. O processo pode ser representado pelas reações:



Sobre essas reações, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. As duas reações podem ser classificadas como oxirredução.
- II. O dióxido de manganês ( $\text{MnO}_2$ ) atua como agente oxidante na segunda reação.
- III. Na segunda reação, nem todos os átomos de cloro presentes no  $\text{HCl}$  sofrem variação de Nox.
- IV. O ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ) é considerado um ácido fraco.

Estão corretas apenas as afirmações

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

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. UEFS-BA

C7-H24

Pesquisa desenvolvida pela Universidade de Lisboa avalia o potencial cosmético do óleo proveniente da borra do café e dos grãos de café verde para o desenvolvimento de uma nova geração de filtros solares. A adição de dois tipos de partículas distintas mostrou-se benéfica, tendo sido desenvolvido um sistema que garantiu um fator de proteção solar elevado, proteção UVA (conferida pelo  $\text{ZnO}$ ) e UVB (conferida pelo  $\text{TiO}_2$ ). Essas partículas ( $\text{ZnO}$  e  $\text{TiO}_2$ ) foram usadas como filtros solares físicos e agentes estabilizadores da emulsão, sendo previamente dispersas no óleo.

*Jornal Unesp*, outubro de 2016. Adaptado.

A carga elétrica do íon titânio no  $\text{TiO}_2$  é

- a) +2    d) +4  
b) -4    e) +6  
c) -2

### 19. FMP-RS

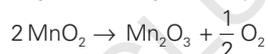
C7-H24

Arqueólogos franceses encontraram grandes quantidades de dióxido de manganês em resquícios de carvão e fuligem das fogueiras. Isso sugere que os Neandertais não gastavam tanta energia atrás desse composto químico só para pintar o corpo, como suspeitavam os pesquisadores, e, sim, para fazer fogueiras. Mas qual a relação desse mineral com o fogo? Toda. Por ser um mineral muito abrasivo, quando moído e colocado sobre madeira, diminui a temperatura necessária para combustão – a centelha ideal para facilitar a vida dos nossos primos distantes.

Disponível em: <<http://super.abril.com.br/ciencia/neandertais--usavam-quimica-para-acender-fogo>>. Acesso em: 18 jul. 2016. Adaptado.

O dióxido de manganês, ao ser misturado à madeira, era lentamente aquecido em presença do ar, sofrendo decomposição com liberação de oxigênio e facilitando

a combustão da madeira para acender as fogueiras, segundo a seguinte equação:



O dióxido de manganês é um poderoso agente

- a) redutor, por oxidar o oxigênio, sofrendo oxidação.  
b) redutor, por oxidar o oxigênio, sofrendo redução.  
c) redutor, por reduzir o oxigênio, sofrendo oxidação.  
d) oxidante, por oxidar o oxigênio, sofrendo redução  
e) oxidante, por reduzir o oxigênio, sofrendo oxidação.

### 20. Unemat-MT

C7-H24

Nitratos e nitritos são utilizados como conservantes em produtos cárneos curados (como os embutidos, por exemplo), com a finalidade de inibir o crescimento do *Clostridium botulinum* (produtor da toxina que causa botulismo). Apesar de sua importância, a utilização desses íons tem sido questionada devido ao risco que essas substâncias podem trazer à saúde humana.

Os nitratos, no interior do nosso organismo ou quando expostos a altas temperaturas (processo de cocção), podem ser convertidos em nitritos, e é nesse ponto que surge a grande preocupação, pois estes podem dar origem a nitrosaminas, as quais apresentam atividade carcinogênica.

Disponível em: <http://inciencia.com.br/2015/04/20/nitrato-faz-bem-oufaz-mal/>. Acesso em: nov. 2015. Adaptado.

Acerca dos íons citados no texto, assinale a alternativa que apresenta o número de oxidação do nitrogênio, respectivamente.

- a) -1 e -2  
b) -1 e +3  
c) +3 e +3  
d) +5 e +3  
e) +5 e -5



MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

# QUÍMICA 3

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

## 1

# A QUÍMICA ORGÂNICA E A CLASSIFICAÇÃO DE CADEIAS

- Propriedades gerais dos compostos orgânicos
- Propriedades do carbono
- Classificação dos carbonos em uma cadeia
- Hibridação do carbono
- Cadeias carbônicas
- Classificação das cadeias carbônicas

## HABILIDADES

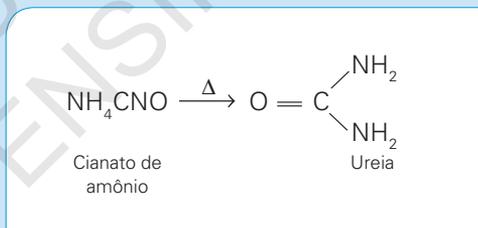
- Reconhecer e diferenciar substâncias inorgânicas de orgânicas por meio de suas fórmulas e de seus grupamentos funcionais.
- Com base em informações fornecidas, representar, por meio de fórmulas estruturais, os hidrocarbonetos.
- Classificar cadeias carbônicas de um composto orgânico.
- Identificar fórmulas estruturais de hidrocarbonetos.

## Evolução do conceito de química orgânica

O médico Jöns Jacob Berzelius criou a expressão **química orgânica**, em 1806, para o estudo de compostos derivados de fontes biológicas. Até o início do século XIX, naturalistas e cientistas observaram diferenças críticas entre compostos derivados de seres vivos e aqueles que não o eram.

Os químicos do período notaram que parecia haver uma diferença essencial, ainda que inexplicável, entre as propriedades dos dois tipos de composto. A **teoria da força vital**, às vezes chamada de **vitalismo** ("vital" significa "vida"), foi proposta e amplamente aceita como uma maneira de explicar essas diferenças. Assim, uma força vital existiria dentro do material orgânico, mas não em quaisquer materiais inorgânicos.

Essa teoria foi derrubada em 1828, quando Friedrich Wöhler, químico alemão, aluno de Berzelius, produziu a ureia sinteticamente, em laboratório, ao aquecer cianato de amônio, um sal inorgânico. Tal experimento causou espanto em Wöhler, pois a ureia, composto tipicamente orgânico encontrado na urina de animais e resultante do metabolismo da matéria nitrogenada, pela teoria da época, não poderia ter sido obtida em laboratório, por meio de um mineral. Observe a reação:



A partir daí, a química orgânica deixou de ser considerada a química que trata dos compostos produzidos por animais e vegetais, ficando claro que os compostos orgânicos não precisam ser obtidos de organismos vivos.

Procurou-se, então, uma nova maneira de conceituar química orgânica. Em 1848, Gmelin chamou a atenção para o fato de todos os compostos orgânicos descobertos até aquele momento apresentarem, em sua constituição, o elemento carbono. Por isso, em 1858, Kekulé definiu química orgânica como parte da química que estuda os compostos do elemento carbono, excluindo carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  etc.), óxidos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ) e cianetos ( $\text{KCN}$ ,  $\text{NaCN}$  etc.).

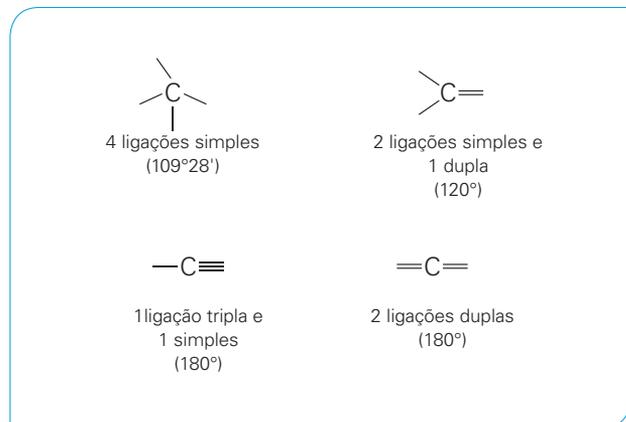
## Propriedades do carbono

A estrutura dos compostos orgânicos começou a ser desvendada a partir da segunda metade do século XIX, com estudos de Couper e Kekulé sobre o comportamento químico do carbono. Esses estudos geraram ideias que ficaram conhecidas como **postulados de Kekulé**.

## TETRAVALÊNCIA DO CARBONO

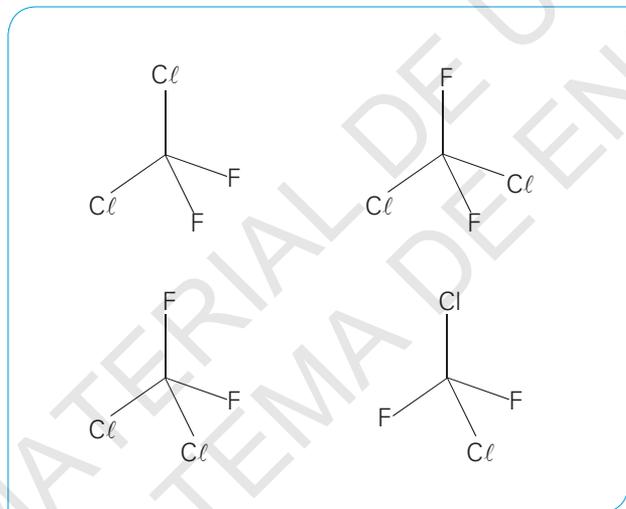
O carbono tem o número atômico igual a 6, significando que cada átomo tem o total de seis elétrons. Dois estão em órbita interna completa ( $1s^2$ ), enquanto qua-

tro elétrons são encontrados na órbita mais externa do átomo ( $2s^2 2p^2$ ). Isso basicamente significa que o carbono tem quatro elétrons de valência (elétrons externos que estão disponíveis para formar ligações com outros átomos). Por causa desse arranjo dentro das órbitas do átomo, o carbono é chamado de tetravalente (valência = capacidade).



## EQUIVALÊNCIA DAS LIGAÇÕES

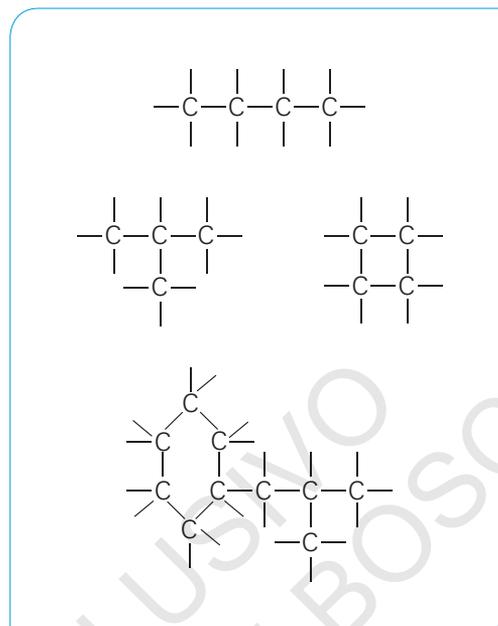
Não importa a posição do ligante, as quatro ligações funcionam da mesma forma. Pode-se explicar o fato de o carbono apresentar as quatro valências iguais por meio da existência, por exemplo, de apenas um único composto denominado diclorodifluorometano (gás freon) de fórmula molecular  $CCl_2F_2$ .



Como só existe um composto com a fórmula  $CCl_2F_2$ , as quatro representações devem ser consideradas como iguais e, conseqüentemente, as quatro valências equivalem-se.

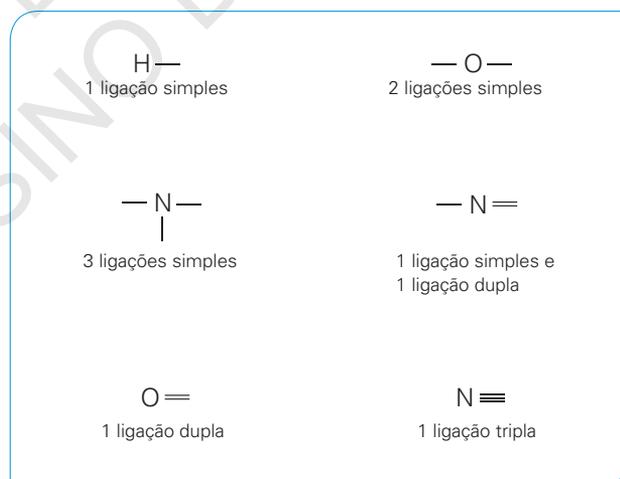
## FORMAÇÃO DE CADEIAS

Os átomos de carbono podem estabelecer ligações entre si, formando cadeias carbônicas. As cadeias são representadas pela sua forma estrutural, podendo apresentar-se de forma longilínea, cíclica, com ramificações ou mista. Podem até se ligar umas às outras.



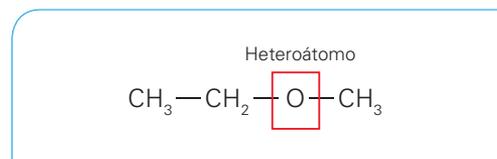
## ELEMENTOS ORGANÓGENOS

São os principais elementos que compõem as moléculas orgânicas. São eles: C, H, O e N.



Eventualmente, outros elementos também podem formar compostos orgânicos, só que em menor número – por exemplo, o enxofre (bivalente), o fósforo (trivalente) e os halogênios (monovalentes). Mesmo os metais (Na e Mg) podem fazer parte da estrutura dos compostos orgânicos, formando os organometálicos.

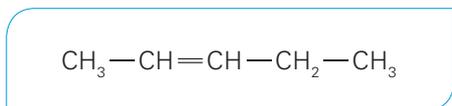
Os elementos nitrogênio, oxigênio, enxofre e fósforo, quando estão situados entre dois carbonos dentro de uma cadeia carbônica, são classificados como **heteroátomos**.



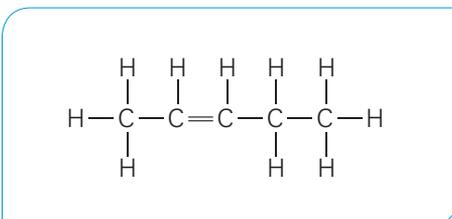
## REPRESENTAÇÃO DAS CADEIAS CARBÔNICAS

Os compostos orgânicos podem ser representados por diferentes fórmulas. Considerando um composto orgânico de fórmula molecular  $C_6H_{12}$ , têm-se as denominações a seguir.

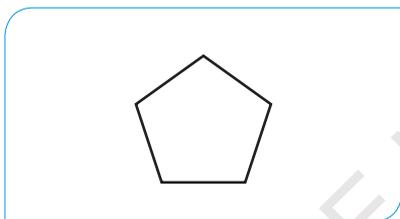
- **Fórmula estrutural:** indica a posição de cada átomo na cadeia carbônica.



ou



- **Fórmula em bastão (bond-line) ou estrutura esquelética:** nessa fórmula, apenas as ligações químicas entre os carbonos e os átomos diferentes de C e H são representadas.

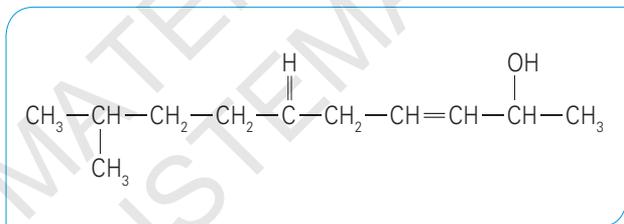


Os compostos orgânicos também podem ser representados por uma fórmula denominada **estrutura condensada**. Nela, as ligações simples  $C-H$  e  $C-C$  não são apresentadas; ao contrário, ficam implícitas.

### Exemplo



A fórmula estrutural do composto descrito é:

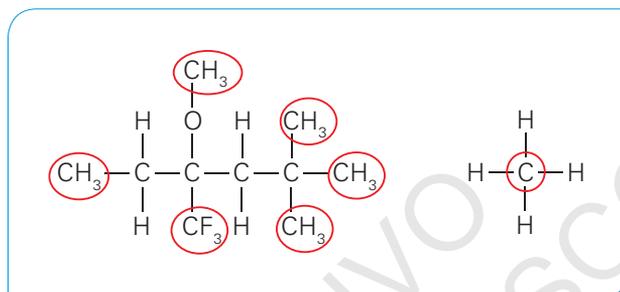


## Classificação dos carbonos em uma cadeia

Um átomo de carbono, em um composto orgânico, é rotulado ou classificado com base no número de ligações (hibridização do carbono) e nos tipos de átomo ligados a ele lembrando que não importa o tipo de ligação – simples, dupla ou tripla.

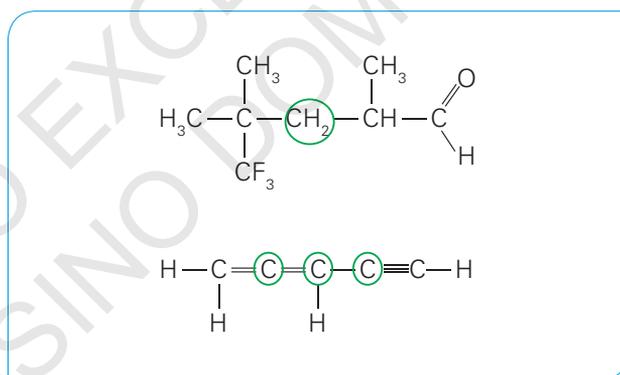
### CARBONO PRIMÁRIO

É todo átomo de carbono ligado, no máximo, a um único átomo de carbono. Considera-se também como primário, por extensão, todo átomo de carbono não ligado a nenhum outro átomo de carbono.



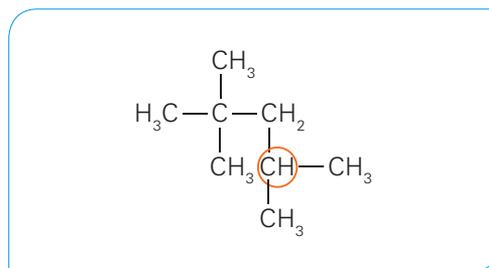
### CARBONO SECUNDÁRIO

Consiste em todo átomo de carbono ligado a dois outros átomos de carbono.



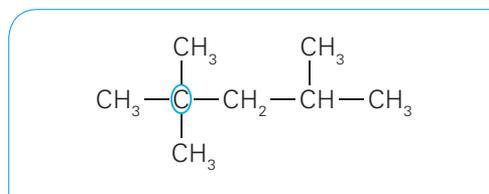
### CARBONO TERCIÁRIO

Constitui todo átomo de carbono ligado a três outros átomos de carbono.

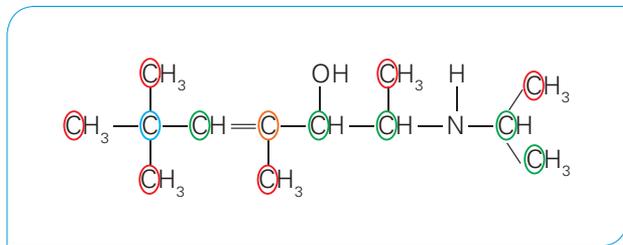


### CARBONO QUATERNÁRIO

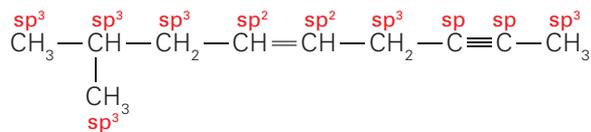
É todo átomo de carbono ligado a quatro outros átomos de carbono.



Assim, na cadeia carbônica a seguir, podem-se classificar os carbonos em:



Exemplo de classificação dos átomos de carbono em uma cadeia carbônica:



## Hibridização do carbono

Hibridização é o conceito de combinar orbitais atômicos para fazer novos orbitais híbridos apropriados para representar suas propriedades de ligação. Os orbitais hibridizados são úteis para descrever a forma dos orbitais moleculares, além de serem parte importante da teoria das ligações de valência.

O carbono ( ${}_6\text{C } 1s^2 2s^2 2p^2$ ), em razão de sua distribuição eletrônica, deveria fazer apenas duas ligações, pois ele apresenta somente dois elétrons desemparelhados ( $2p^2$ ). Mas, como observado na prática, o carbono faz quatro ligações. O que justifica tal fato? A hibridização de seus elétrons, ou seja, a hibridação dos orbitais s e p do nível 2. A seguir, é representado um resumo da hibridização do carbono.

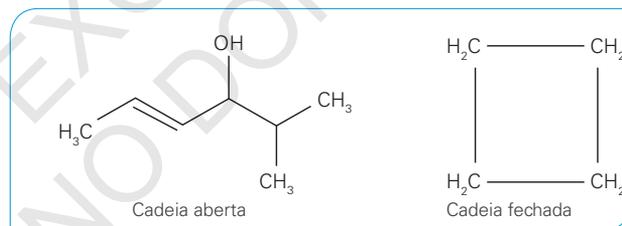
| Hibridização | Formação                                | Orbitais híbridos          |
|--------------|---|----------------------------|
| $sp^3$       | Mistura de 1 orbital s com 3 orbitais p | 4 orbitais híbridos $sp^3$ |
| $sp^2$       | Mistura de 1 orbital s com 2 orbitais p | 3 orbitais híbridos $sp^2$ |
| sp           | Mistura de 1 orbital s com 2 orbitais p | 2 orbitais híbridos sp     |

| Hibridização                | $sp^3$          | $sp^2$         | sp                           |
|-----------------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| Ligações sigma ( $\sigma$ ) | 4               | 3              | 2                            |
| Ligações pi ( $\pi$ )       | 0               | 1              | 2                            |
| Forma espacial              |                 |                | $\text{=C=}$<br>$\text{—C≡}$ |
| Geometria                   | Tetraédrica     | Trigonal plana | Linear                       |
| Ângulo entre as ligações    | $109^\circ 28'$ | $120^\circ$    | $180^\circ$                  |

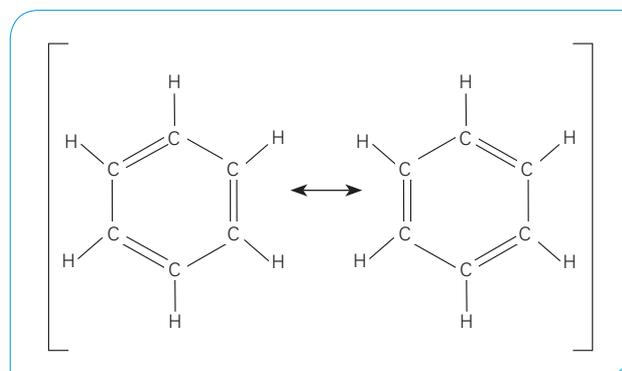
## Cadeias carbônicas

As cadeias carbônicas podem ser classificadas basicamente como abertas – possuem ao menos duas extremidades – ou fechadas – não apresentam extremidades, formando um ciclo ou anel. Uma conceituação mais moderna classifica as cadeias carbônicas em alifáticas e aromáticas; nesse caso, os compostos cíclicos não aromáticos são classificados como compostos alifáticos.

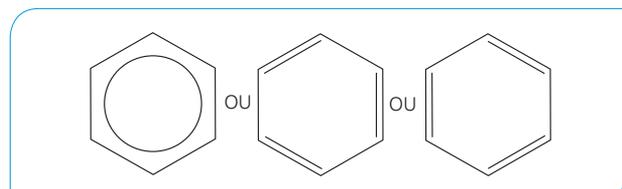
### Exemplos



Compostos aromáticos são o benzeno e aqueles que se assemelham ao benzeno em comportamento químico. A estrutura básica do benzeno possui seis carbonos em um ciclo, unidos entre si pela alternância de duplas e simples ligações. A cada carbono, liga-se um hidrogênio. O benzeno pode ser representado por:



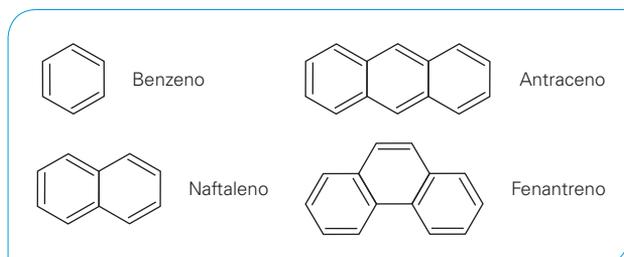
Também pode ser representado:



Como não se sabe exatamente onde se encontram as duplas-ligações no hexágono – fenômeno conhecido

como ressonância ou deslocalização das ligações pi –, é possível representá-las por um círculo (anel aromático).

Portanto, são considerados aromáticos os compostos que apresentam, pelo menos, um anel com seis átomos de carbono unidos por três ligações duplas alternadas.



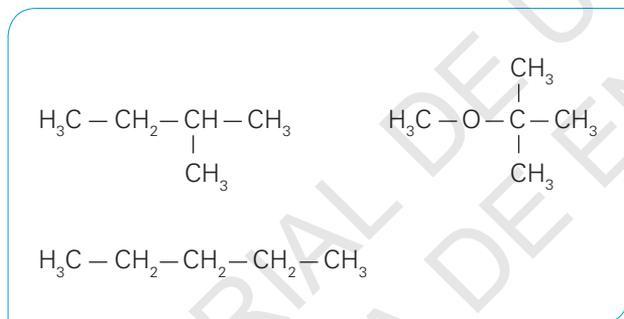
## Classificação das cadeias carbônicas

As cadeias carbônicas podem ser classificadas segundo vários critérios, como mostrado a seguir.

### QUANTO AO FECHAMENTO

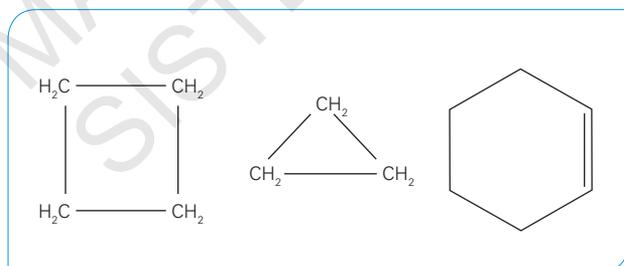
#### Cadeia aberta ou acíclica

As cadeias abertas – acíclicas ou alifáticas – são todas aquelas que iniciam e terminam com um carbono primário, ou seja, apresentam, pelo menos, duas extremidades.



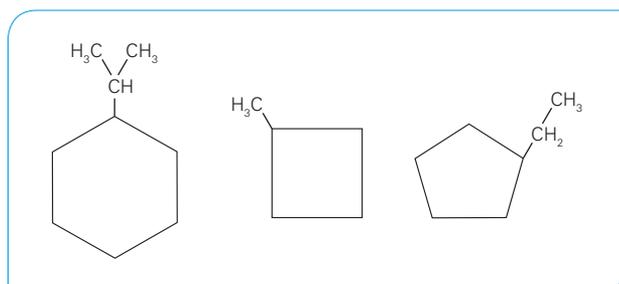
#### Cadeia fechada ou cíclica ou alicíclica

É a cadeia na qual os átomos de carbono formam um anel ou ciclo, porém diferente do anel benzênico.



#### Cadeia mista

Ocorre quando um composto apresenta cadeia carbônica com uma parte aberta e outra fechada.



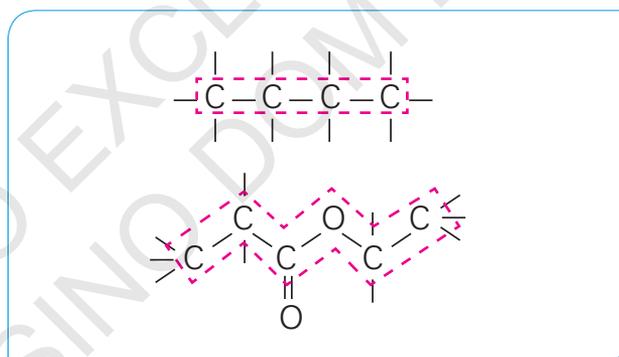
#### Observação

Cadeia alifática é toda cadeia não aromática, podendo ser aberta ou fechada.

### QUANTO À DISPOSIÇÃO

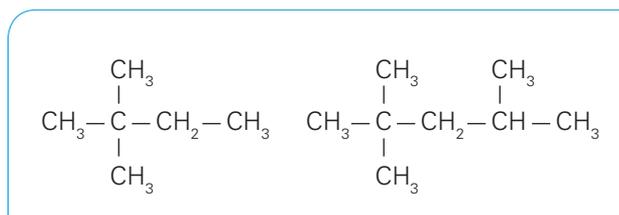
#### Cadeia normal, reta ou linear

Nessa cadeia, há somente átomos de carbono primário e/ou secundário.



#### Cadeia ramificada

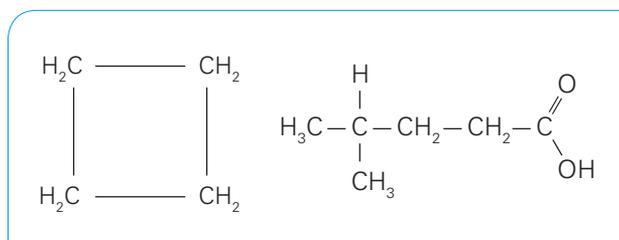
Apresenta átomos de carbono terciário e/ou quaternário.



### QUANTO À SATURAÇÃO

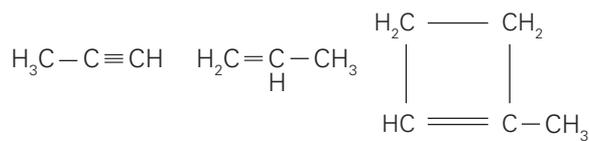
#### Saturada

Tem apenas ligações simples **entre carbonos**.



## Insaturada

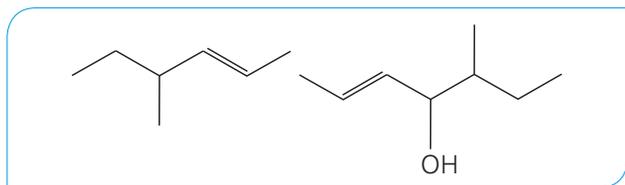
Apresenta ligações duplas e/ou triplas entre carbonos.



## QUANTO À NATUREZA

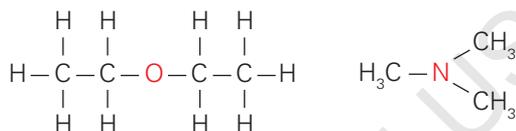
### Homogênea

Não apresenta átomos diferentes de carbono (heteroátomos).



### Heterogênea

Possui átomo diferente de carbono, ou seja, um heteroátomo intercalado na cadeia.



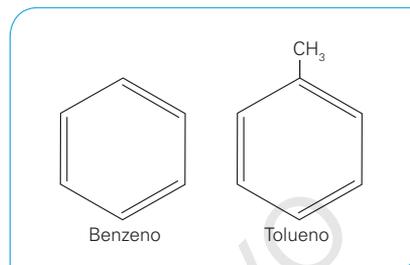
### Observação

As cadeias fechadas que apresentam heteroátomo são classificadas como heterocíclicas.

## CADEIAS FECHADAS E AROMÁTICAS

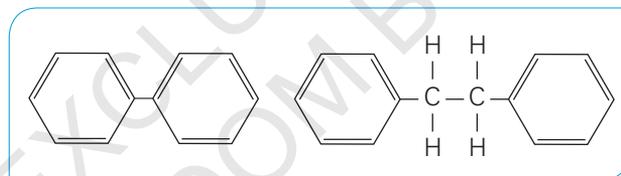
### Cadeias aromáticas mononucleares

São cadeias que têm um anel aromático em sua constituição.



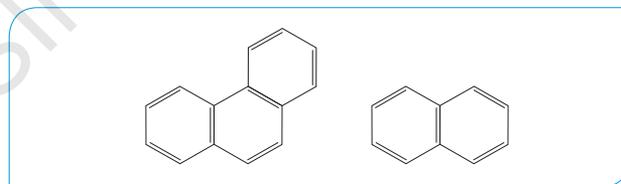
### Compostos aromáticos polinucleares isolados

Contêm vários anéis benzênicos, e os anéis não possuem átomos de carbono em comum.



### Compostos aromáticos polinucleares condensados

Apresentam átomos de carbono em comum entre os anéis.



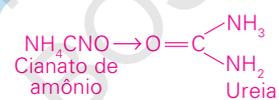
# ROTEIRO DE AULA

## INTRODUÇÃO À QUÍMICA ORGÂNICA

### Teoria da força vital

Apenas os seres vivos seriam capazes de sintetizar compostos orgânicos.

Whöler quebra a teoria do vitalismo, com a síntese de ureia em laboratório.



### Postulados de Kekulé

Tetralvalência do carbono

Equivalência das ligações

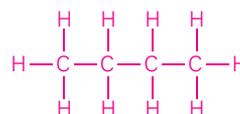
Formação de cadeias

### Representação das cadeias carbônicas

Fórmula estrutural



Fórmula em bastão



### Classificação do carbono

Primário

Secundário

Terciário

Quaternário

## ROTEIRO DE AULA

## CLASSIFICAÇÃO DAS CADEIAS CARBÔNICAS

## Cadeia aberta

Homogênea

Exemplo

---



---

Heterogênea

Exemplo

---



---

Saturada

Exemplo

---



---

Insaturada

Exemplo

---



---

Normal

Exemplo

---



---

Ramificada

Exemplo

---



---

## Cadeia fechada e não aromática

Mista

Exemplo

---



---

Insaturada

Exemplo

---



---

Heterocíclica

Exemplo

---



---

Homocíclica

Exemplo

---



---

## Cadeia aromática

Aromática

Exemplo

---

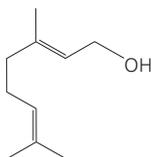


---

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **PUC-RJ** – O óleo de citronela é muito utilizado na produção de velas e repelentes. Na composição desse óleo, a substância representada a seguir está presente em grande quantidade, sendo, dentre outras, uma das responsáveis pela ação repelente do óleo.



A cadeia carbônica dessa substância é classificada como aberta,

- a) saturada, homogênea e normal.  
 b) saturada, heterogênea e ramificada.  
 c) insaturada, ramificada e homogênea.  
 d) insaturada, aromática e homogênea.  
 e) insaturada, normal e heterogênea.

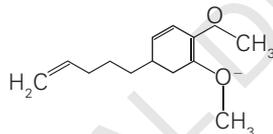
Cadeia aberta e acíclica – a estrutura não possui ciclos.

Cadeia ramificada – a estrutura tem dois carbonos terciários.

Cadeia homogênea – os átomos diferentes de carbono não estão ligados entre carbonos.

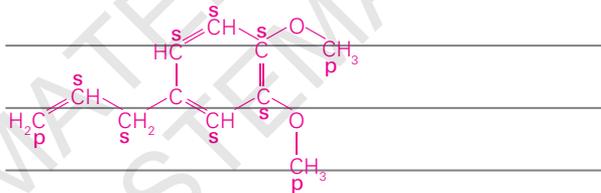
Cadeia insaturada – a estrutura apresenta dupla e/ou tripla-ligação entre átomos de carbono.

2. **Unigranrio-RJ (adaptado)** – O eugenol ou óleo de cravo é um forte antisséptico. Seus efeitos medicinais auxiliam no tratamento de náusea, indigestão e diarreia. Contém propriedades bactericidas e antivirais, e é também usado como anestésico e antisséptico para o alívio de dores de dente. A fórmula estrutural desse composto orgânico pode ser vista a seguir.



Qual é o número de átomos de carbono secundário nesse composto?

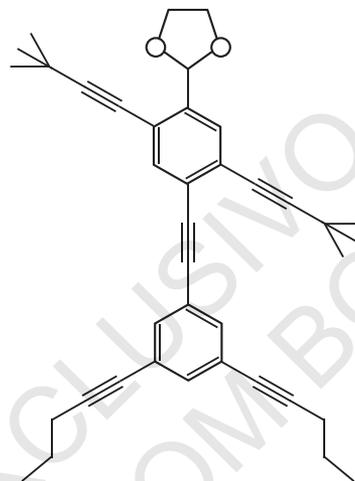
Número de C<sup>2º</sup> = 7



3. **Enem**

C5-H17

As moléculas de nanoputians lembram figuras humanas e foram criadas para estimular o interesse de jovens na compreensão da linguagem expressa em fórmulas estruturais, muito usadas em química orgânica. Um exemplo é o NanoKid, representado na figura:

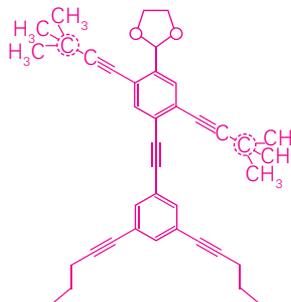


CHANTEAU, S. H.; TOUR, J. M. *The Journal of Organic Chemistry*, v. 68, n. 23, 2003. Adaptado.

Em que parte do corpo do NanoKid existe carbono quaternário?

- a) Mãos  
 b) Cabeça  
 c) Tórax  
 d) Abdômen  
 e) Pés

Carbono quaternário é o átomo de carbono que está ligado a quatro outros átomos de carbono em uma molécula. Então, podemos afirmar que a parte do corpo do NanoKid onde existe carbono quaternário são as mãos.



**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

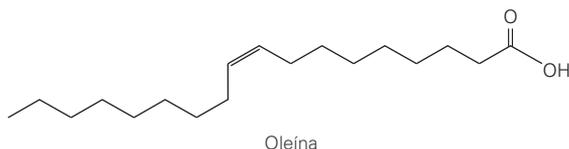
**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

4. **UEA-AM** – Em uma cadeia carbônica, um átomo de carbono é considerado quaternário quando está ligado diretamente a quatro

- a) funções orgânicas diferentes.  
 b) outros átomos de carbono.  
 c) átomos de hidrogênio.  
 d) pares de elétrons.  
 e) íons positivos.

Átomo de carbono quaternário é todo átomo de carbono ligado a quatro outros átomos de carbono.

**5. UEA-AM (adaptado)** – O óleo da amêndoa da andiroba, árvore de grande porte encontrada na região da Floresta Amazônica, tem aplicações medicinais, como antisséptico, cicatrizante e anti-inflamatório. Um dos principais constituintes desse óleo é a oleína, cuja estrutura química está representada a seguir.



Classifique a cadeia carbônica da oleína.

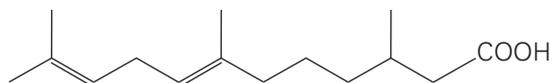
Cadeia aberta e acíclica – a estrutura não possui ciclos.

Cadeia normal – a estrutura não contém carbonos terciários e/ou quaternários.

Cadeia homogênea – os átomos diferentes de carbono não estão ligados entre carbonos.

Cadeia insaturada – a estrutura apresenta dupla e/ou tripla-ligação entre átomos de carbono.

**6. PUC-RJ** – A estrutura química de uma substância orgânica é representada a seguir.



A cadeia carbônica dessa substância se classifica como

- a) normal e heterogênea.  
 b) normal e insaturada.  
 c) saturada e heterogênea.  
 d) saturada e ramificada.  
 e) ramificada e insaturada.

a) Incorreta. Uma cadeia normal apresenta somente átomos de carbono primário e secundário, e a cadeia heterogênea possui um heteroátomo ligado aos átomos de carbono.

b) Incorreta. A cadeia carbônica não é normal, uma vez que ela tem três átomos de carbono terciário.

c) Incorreta. A cadeia não é saturada, e sim insaturada, por apresentar ligação dupla. A cadeia também não é heterogênea, porque não contém heteroátomo.

d) Incorreta. A cadeia não é saturada, e sim insaturada, por apresentar ligação dupla.

e) Correta. Uma cadeia carbônica, para ser ramificada, precisa possuir, no mínimo, um átomo de carbono terciário ou quaternário. A cadeia representada tem três átomos de carbono terciário. Também é insaturada, por apresentar ligação dupla.

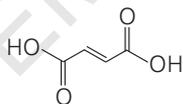
## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. Fesp-PE (adaptado)** – No composto orgânico a seguir, existem



- a) um átomo de carbono primário, dois átomos de carbono secundário e dois átomos de carbono terciário.  
 b) dois átomos de carbono primário, dois átomos de carbono secundário e um átomo de carbono terciário.  
 c) dois átomos de carbono primário e três átomos de carbono secundário.  
 d) três átomos de carbono primário, um átomo de carbono secundário e um átomo de carbono terciário.  
 e) cinco átomos de carbono secundário.

**8. PUC-RJ (adaptado)** – A seguir, está representada a estrutura do ácido fumárico.



A respeito desse ácido, é correto afirmar que ele possui

- a) somente átomos de carbono secundários.  
 b) três átomos de carbono primários e um secundário.  
 c) um átomo de carbono primário e três secundários.  
 d) três átomos de carbono primário e um terciário.  
 e) dois átomos de carbono primário, um secundário e um terciário.

**9. UFJF-MG** – A quercetina, cuja estrutura química está representada a seguir, está associada com processos de inibição de inflamação óssea. Com relação à sua fór-

mula estrutural, bem como à de seu análogo estrutural A, faça o que se pede.



a) Classifique todos os carbonos numerados como primário, secundário, terciário ou quaternário.

---



---



---

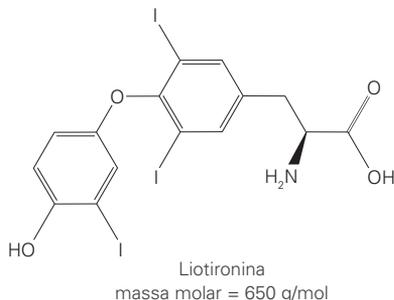
b) Informe a hibridização dos átomos de carbono numerados na estrutura.

---



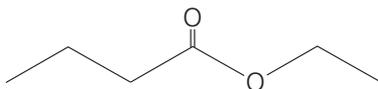
---

- 10. Famerp-SP** – Considere a liotironina, um hormônio produzido pela glândula tireoide, também conhecido como T3.



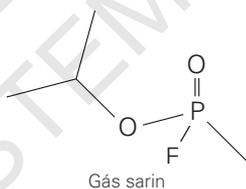
A molécula da liotironina apresenta

- cadeia carbônica aromática e homogênea.
  - cadeia carbônica fechada e homogênea.
  - cadeia carbônica alifática.
  - dois heterociclos.
  - cadeia carbônica aromática e heterogênea.
- 11. UPF-RS (adaptado)** – A seguir, está representada a estrutura do éster responsável pelo *flavor* de abacaxi.



A cadeia carbônica é classificada como

- heterogênea, ramificada e saturada.
  - heterogênea, normal e insaturada.
  - heterogênea, normal e saturada.
  - homogênea, ramificada e saturada.
  - heterogênea, ramificada e insaturada.
- 12. Fepar-PR (adaptado)** – O pior uso de armas químicas sobre civis no século XXI ocorreu em agosto de 2013, durante a guerra civil síria, quando diversas áreas controladas ou disputadas nos subúrbios de Ghouta, em torno de Damasco, foram atingidas por foguetes com o agente químico sarin, que matou centenas de pessoas. Esse gás foi classificado como arma de destruição em massa na Resolução 687 das Nações Unidas, e a produção e o armazenamento foram proibidos na Convenção sobre Armas Químicas, de 1993. O sarin é uma molécula quiral, porque tem quatro substituintes quimicamente diferentes ligados ao centro de fósforo tetraédrico. Observe a estrutura do gás sarin e classifique sua cadeia carbônica.



- 13. UFAM** – Um dos passatempos modernos prediletos é tirar fotos próprias, as chamadas *selfies*. Há exatos 50 anos, a cristalógrafa Dorothy Crowfoot Hodgkin recebeu o Prêmio Nobel de Química pelas fotos que tirava, mas não dela própria, e também não com uma máquina fotográfica convencional. Suas análises de raios x permitiram a elucidação de estruturas complexas de moléculas importantes, como a penicilina e a vitamina B12. Moléculas mais simples têm sua estrutura tridimensional definida segundo critérios

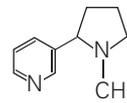
de hibridização. Observando as moléculas a seguir, analise as afirmativas.



- A molécula 1 possui duas ligações do tipo pi ( $\pi$ ) e carbono com hibridização  $\text{sp}^2$ .
- A molécula 2 possui somente ligações do tipo sigma ( $\sigma$ ) e carbono com hibridização  $\text{sp}^3$ .
- A molécula 3 possui duas ligações do tipo pi ( $\pi$ ) e somente um carbono com hibridização  $\text{sp}^3$ .
- As moléculas 1 e 2 possuem ligações do tipo sigma ( $\sigma$ ) e carbono com hibridização  $\text{sp}^2$  e  $\text{sp}^3$ , respectivamente.
- As moléculas 2 e 3 não possuem ligações do tipo pi ( $\pi$ ) e carbono do tipo  $\text{sp}^2$ .

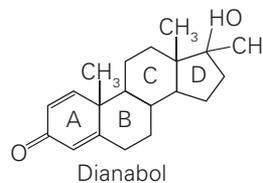
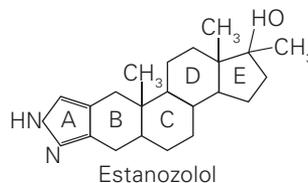
Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas I e II estão corretas.
  - Somente as afirmativas I, III e IV estão corretas.
  - Somente as afirmativas II, III e IV estão corretas.
  - Somente as afirmativas II, III e V estão corretas.
  - Somente as afirmativas IV e V estão corretas.
- 14. IFPE (adaptado)** – O uso do cigarro acarreta muitos riscos à saúde. Dependendo do órgão, as chances de uma pessoa que faz uso do cigarro ter um câncer são muito grandes. No pulmão, na laringe e na boca, as chances são 20, 30 e 4 vezes maior, respectivamente, do que em quem não é usuário. A nicotina presente no cigarro é uma substância que estimula o sistema nervoso, alterando o ritmo cardíaco e a pressão sanguínea. Na fumaça do cigarro, existem aproximadamente 6 mg de nicotina, dos quais o fumante absorve em torno de 0,2 mg. A fórmula da nicotina está apresentada a seguir.



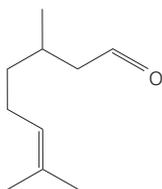
Em relação à nicotina, assinale a alternativa correta.

- Apresenta fórmula molecular  $\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{N}_2$ .
  - Apresenta carbonos com hibridização  $\text{sp}^2$  e  $\text{sp}^3$ .
  - Apresenta cinco carbonos primários.
  - Apresenta, na sua estrutura, somente carbonos secundários.
  - Apresenta três ligações pi ( $\pi$ ) e vinte ligações sigma ( $\sigma$ ).
- 15. UEM-PR (adaptado)** – Anabolizantes são hormônios sintéticos utilizados no tratamento de algumas doenças. Porém, o uso indevido dessas substâncias pode provocar efeitos colaterais graves, como hipertensão.





pecialmente mosquitos, pernilongos e borrachudos. Sua essência contém "citronelal" e também é utilizada em perfumes, velas, incensos e aromaterapia. Tem um aroma agradável e não é nociva à saúde humana.



Fórmula estrutural da citronela

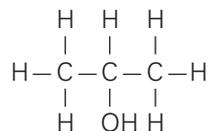
A classificação correta da cadeia carbônica é

- a) aberta, ramificada, heterogênea e insaturada.
- b) aberta, normal, homogênea e insaturada.
- c) aberta, normal, heterogênea e saturada.
- d) aberta, ramificada, homogênea e insaturada.
- e) aberta, normal, heterogênea e insaturada.

## 20. UEA-AM

C7-H24

Considere o álcool isopropílico, cuja fórmula estrutural está representada a seguir. Esse composto é empregado em muitos produtos utilizados para a limpeza de equipamentos eletrônicos, como telas de TV, monitores e celulares.



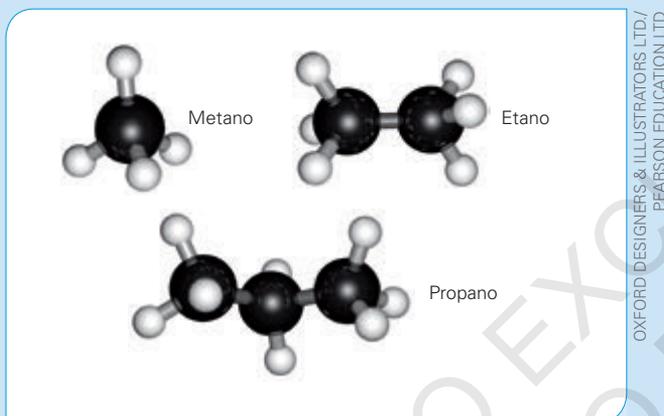
A cadeia carbônica do álcool isopropílico é

- a) aberta, homogênea e saturada.
- b) aberta, homogênea e insaturada.
- c) aberta, heterogênea e saturada.
- d) fechada, homogênea e saturada.
- e) fechada, heterogênea e insaturada.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

# HIDROCARBONETOS DE CADEIAS NORMAL E RAMIFICADA

## Hidrocarbonetos de cadeia normal



Hidrocarbonetos de cadeia normal.

São hidrocarbonetos que apresentam somente carbonos primários e secundários. A cadeia carbônica considerada a principal (a maior sequência possível de átomos de carbono) de uma substância orgânica tem o seu nome dividido em três partes, fornecendo, cada uma dessas partes, uma informação importante sobre a constituição da estrutura.

Os nomes desses hidrocarbonetos são sempre constituídos por:

**Prefixo + infixo + sufixo**

### PREFIXO

Indica o número de átomos de carbono pertencentes à cadeia principal, de acordo com a tabela seguinte:

| Nº de átomos de C | Prefixo | Nº de átomos de C | Prefixo  |
|-------------------|---------|-------------------|----------|
| 1                 | met     | 8                 | oct      |
| 2                 | et      | 9                 | non      |
| 3                 | prop    | 10                | dec      |
| 4                 | but     | 11                | undec    |
| 5                 | pent    | 12                | dodec    |
| 6                 | hex     | 15                | pentadec |
| 7                 | hept    | 20                | eicos    |

- Hidrocarbonetos de cadeia normal
- Alcanos
- Alcenos
- Alcinos
- Alcadienos
- Cicloalcanos
- Cicloalcenos
- Aromáticos
- Hidrocarbonetos de cadeia ramificada
- Radicais orgânicos
- Nomenclatura oficial dos hidrocarbonetos ramificados (IUPAC)

### HABILIDADES

- Nomear os compostos orgânicos de acordo com as normas da IUPAC (nomenclatura oficial).
- Avaliar os usos e as propriedades físicas dos compostos orgânicos com base em nomes e fórmulas estruturais.
- Identificar fórmulas estruturais de hidrocarbonetos ramificados.
- Nomear os compostos orgânicos de acordo com as normas da IUPAC (nomenclatura oficial).

## INFIXO

Revela o tipo de ligação entre os carbonos. De acordo com a família de hidrocarbonetos, os infixos podem ser:

| Tipo de ligação                | Infixo |
|--------------------------------|--------|
| Somente simples                | an     |
| Uma dupla-ligação              | en     |
| Uma tripla-ligação             | in     |
| Uma dupla e uma tripla-ligação | enin   |
| Duas duplas-ligações           | dien   |

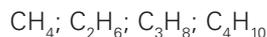
## SUFIXO

Mostra a função química do composto orgânico. No caso dos hidrocarbonetos, é "o".

## Alcanos ou hidrocarbonetos parafínicos

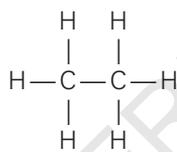
Consistem em hidrocarbonetos saturados de cadeia alifática (aberta). São também chamados de parafinas, em razão da pouca reatividade. Apresentam como fórmula geral  $C_nH_{2n+2}$ , em que **n** é um número inteiro e corresponde ao número de átomos de carbono.

### Exemplo



### Nomenclatura IUPAC:

**Prefixo** + **an** + **o**

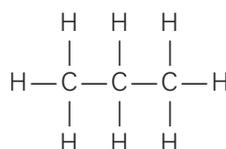


Prefixo: dois átomos de carbono – **et**

Infixo: ligações simples – **an**

Sufixo: hidrocarboneto – **o**

Nome: **etano**



Prefixo: três átomos de carbono – **prop**

Infixo: ligações simples – **an**

Sufixo: hidrocarboneto – **o**

Nome: **propano**

Os primeiros quatro hidrocarbonetos saturados, de cadeia linear (normal), designam-se por metano, etano, propano e butano.

### $CH_4$ : metano

Popularmente conhecido como gás natural, é usado como combustível de automóveis (GNV ou gás natural veicular). Também se forma nos aterros sanitários ou esgotos durante a decomposição da matéria orgânica, sendo chamado gás do lixo. Altamente inflamável e explosivo, esse gás pode ser fonte para produção de energia elétrica. É, ainda, encontrado nas minas de carvão mineral, com o nome de grisú, uma mistura explosiva de metano e oxigênio.

### $C_2H_6$ : etano

Presente no gás natural em menor proporção, é considerado, juntamente com o metano, um gás de origem fóssil e não renovável.

### $C_3H_8$ : propano

Derivado do petróleo, faz parte da mistura gasosa presente no gás de cozinha (GLP – gás liquefeito de petróleo).

### $C_4H_{10}$ : butano

Derivado do petróleo, também está presente na mistura do gás de cozinha (GLP); é utilizado, ainda, como gás propelente de aerossóis.

Os alcanos de cinco ou mais átomos de carbono já têm uma nomenclatura mais lógica. Seus nomes são formados por um prefixo (de origem grega ou latina) que indica o número de átomos de carbono na molécula, seguido da terminação "ano".

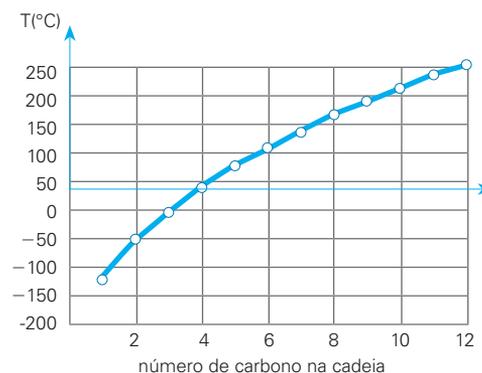
| Nome   | Fórmula molecular | Fórmula    |   |
|--------|-------------------|------------|---|
|        |                   | Condensada | Estrutural  |
| Metano | $CH_4$            | $CH_4$     | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$ |

|         |             |                            |  |
|---------|-------------|----------------------------|--|
| Etano   | $C_2H_6$    | $CH_3CH_3$                 | <pre>       H   H                 H-C - C-H                   H   H           </pre>   |
| Propano | $C_3H_8$    | $CH_3CH_2CH_3$             | <pre>       H   H   H                     H-C - C - C-H                       H   H   H           </pre>   |
| Butano  | $C_4H_{10}$ | $CH_3CH_2CH_2CH_3$         | <pre>       H   H   H   H                         H-C - C - C - C-H                           H   H   H   H           </pre>   |
| Pentano | $C_5H_{12}$ | $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$     | <pre>       H   H   H   H   H                             H-C - C - C - C - C-H                               H   H   H   H   H           </pre>                     |
| Hexano  | $C_6H_{14}$ | $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$ | <pre>       H   H   H   H   H   H                                 H-C - C - C - C - C - C-H                                   H   H   H   H   H   H           </pre> |

## PROPRIEDADES FÍSICAS DOS ALCANOS

- Constituem substâncias de baixa reatividade, devido à grande estabilidade das ligações C — H e C — C.
- São amplamente utilizados como combustíveis.
- São apolares, apresentando interações intermoleculares de dipolo induzido-dipolo induzido. Portanto, têm solubilidade em água e em solventes apolares, como o clorofórmio e o benzeno.
- Apresentam-se nos três estados físicos: gasoso nas condições ambientes (moléculas com até quatro átomos de carbono), líquido (moléculas com cinco a dezessete átomos) e sólido (demais moléculas).
- Apresentam densidade menor que a da água, logo flutuam sobre ela.
- Sua temperatura de ebulição aumenta com o aumento do número de carbonos.

Temperatura de ebulição dos alcanos

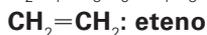
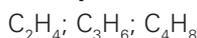


Temperatura de ebulição em função da quantidade de átomos de carbono

## Alcenos, alquenos, olefinas ou hidrocarbonetos etilênicos

São hidrocarbonetos de cadeia alifática (aberta) e insaturada, classificada em função da presença de uma dupla-ligação entre os carbonos da cadeia. Os alcenos apresentam fórmula geral  $C_nH_{2n}$  com **n**, sendo um número inteiro, maior ou igual a 2.

### Exemplos



Conhecido como gás do *cracking* (um subproduto do craqueamento do petróleo, que veremos em breve) é chamado usualmente de etileno. É utilizado na produção do polímero polietileno (plástico), derivado do petróleo, e, em larga escala, na fabricação das sacolinhas de supermercados. Esse gás está associado ao amadurecimento forçado de frutas verdes, pois estas, em contato com o etileno, tomam a cor natural das frutas maduras.



Muitas vezes, conhecido como propileno. Formador do polímero polipropileno, produz um plástico que pode ser moldado, usando apenas aquecimento (termoplástico). Apresenta muitas propriedades semelhantes às do polietileno, porém com ponto de amolecimento mais elevado, o que lhe confere maior rigidez.

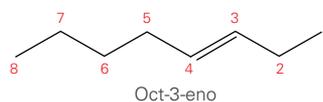
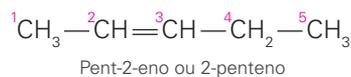
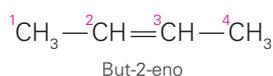
**Nomenclatura IUPAC:** o nome do alceno com apenas uma ligação dupla é obtido substituindo-se a terminação "ano" do alceno correspondente pela terminação "eno".

Prefixo + numeração + en + o

ou

Numeração + prefixo + en + o

Para alcenos com mais de três carbonos, deve-se determinar a posição da dupla-ligação na cadeia. A cadeia carbônica é numerada a partir da extremidade mais próxima à dupla-ligação, e deve-se citar o menor dos dois números que abrangem a ligação dupla, escrevendo-o antes da terminação "eno".



## PROPRIEDADES FÍSICAS DOS ALCENOS

- Em razão da ligação dupla, os alcenos são mais reativos que os alcanos, pois essa ligação é mais fácil de ser quebrada. As principais reações dos alcenos são: adição e polimerização.
- Os alcenos também são não polares, sendo insolúveis em água, mas são solúveis em solventes não polares, como, por exemplo: éter, tetracloreto de carbono, benzeno etc.
- São menos densos que a água, e sua densidade aumenta gradualmente com o número de átomos de carbono.
- Sua temperatura de ebulição aumenta com o aumento do número de carbonos.

| Alceno     | TE (°C) | Massa molecular |
|------------|---------|-----------------|
| Eteno      | -103,7  | 28              |
| Propeno    | -47,7   | 41              |
| But-1-eno  | -6,3    | 56              |
| Pent-1-eno | 29,9    | 70              |
| Hex-1-eno  | 63,5    | 84              |

## Alcinos, alquinos ou hidrocarbonetos acetilênicos

São hidrocarbonetos insaturados por tripla-ligação, de cadeia alifática, conhecidos também como alquinos ou hidrocarbonetos acetilênicos.

Apresentam como fórmula geral  $C_nH_{2n-2}$ , em que **n** é um número inteiro, maior ou igual a 2.

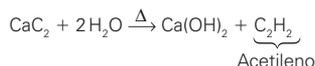
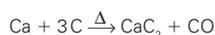
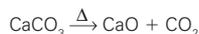
O principal alcino é, sem dúvida alguma o etino:



É o alcino de menor cadeia carbônica, conhecido comercialmente como gás acetileno. Ao queimar, produz uma chama muito luminosa, cuja temperatura chega a cerca de 3000 °C. Por isso é usado em maçaricos (oxiacetilênicos) para corte e solda de metais. Assim, por meio do carbureto (carbeto de cálcio) reagido com água, produz-se acetileno, que é utilizado para produzir luz.

Hulha → carvão coque (°C)

Calcário → CaCO<sub>3</sub>

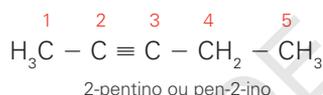
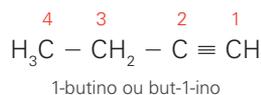


Para os demais alcinos, a regra de nomenclatura, de acordo com a IUPAC, segue esta forma:

**Prefixo + numeração + in + o**

ou

**Numeração + prefixo + in + o**

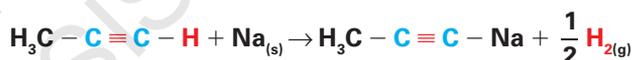


## CLASSIFICAÇÃO

Em razão do seu comportamento químico, os alcinos são classificados em verdadeiros e falsos.

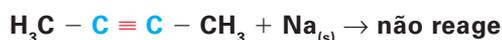
### Alcinos verdadeiros

Possuem tripla-ligação na extremidade da cadeia carbônica, ou seja, na posição 1. Por terem um hidrogênio ligado ao carbono da tripla-ligação, apresentam caráter ácido, reagindo, portanto, com bases minerais fortíssimas.



### Alcinos falsos

Possuem a tripla-ligação em qualquer posição da cadeia carbônica que não seja a 1. Esses alcinos apresentam caráter neutro, não reagindo com bases minerais fortíssimas, como ocorre com os alcinos verdadeiros.



## PROPRIEDADES FÍSICAS DOS ALCINOS

- Como os alcanos e alcenos, alcinos de quatro ou menos átomos de carbono tendem a ser gases.
- Os alcinos compartilham com alcanos e alcenos as propriedades de baixa densidade e baixa solubilidade em água. São não polares e dissolvem-se rapidamente nos solventes orgânicos, tais como alcanos, dietiléter e hidrocarbonetos clorados.
- São mais ácidos que os alcenos.
- Geralmente, têm temperatura de ebulição um pouco mais alta que os correspondentes alcenos ou alcanos, e ela aumenta regularmente com o aumento da massa molecular.

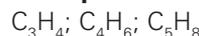
| Alcino     | TE (°C) | Massa molecular |
|------------|---------|-----------------|
| Etino      | -84     | 26              |
| Propino    | -23,2   | 40              |
| But-1-ino  | 8,1     | 54              |
| Pent-1-ino | 40,2    | 68              |
| Hex-1-ino  | 71,3    | 82              |

- Os alcinos são preparados em laboratórios; pois não se encontram livres na natureza em razão da elevada reatividade da tripla-ligação.

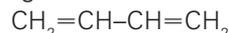
## Alcadienos ou diolefinas

Consistem em hidrocarbonetos que apresentam duas duplas-ligações em cadeia alifática. Sua fórmula geral é C<sub>n</sub>H<sub>2n-2</sub>, com n inteiro e maior ou igual a 3. São também chamados de diolefinas.

### Exemplos



O representante mais importante dos alcadienos é o buta-1,3-dieno, cuja fórmula estrutural é mostrada a seguir.



É um importante produto químico industrial, usado como estrutura elementar na fabricação da borracha sintética.

**Nomenclatura IUPAC:** nos alcadienos, usa-se a terminação "dieno", numerando a cadeia principal de modo que as ligações duplas correspondam aos localizadores mais baixos.

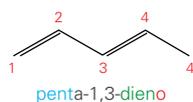
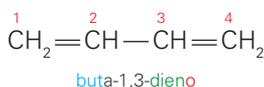
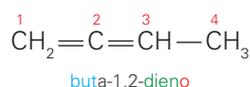
**Prefixo + numeração + dien + o**

ou

**Numeração + prefixo + dien + o**

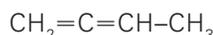
A cadeia principal deve ser a mais longa e passar, obrigatoriamente, pelas duas ligações duplas.

A numeração da cadeia principal é feita de maneira que os números indicativos das posições das ligações duplas sejam os menores possíveis.

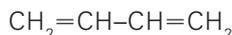


## CLASSIFICAÇÃO

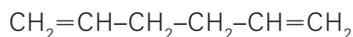
**Alcadieno acumulado:** as duas ligações duplas estão inseridas em um mesmo átomo de carbono da cadeia.



**Alcadieno conjugado:** as duas ligações duplas são intercaladas por uma ligação simples.

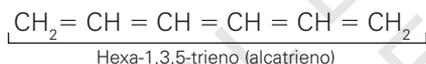


**Alcadieno isolado:** as duas ligações duplas encontram-se bem distantes uma da outra, sendo separadas por duas ou mais ligações simples.



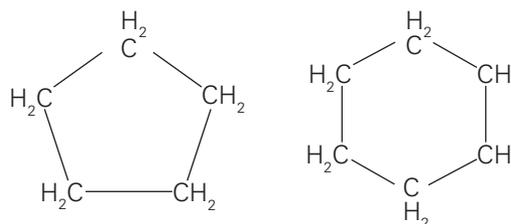
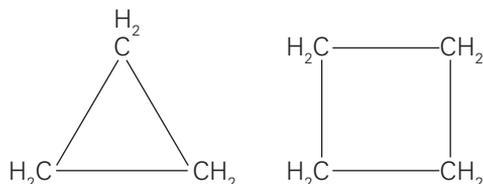
### Observação

Existem outros hidrocarbonetos com mais de duas ligações duplas:



## Cicloalcanos, ciclanos ou cicloparafinas

Muitos compostos orgânicos, encontrados na natureza ou criados em laboratório, contêm anéis de átomos de carbono com propriedades químicas distintas; esses compostos são conhecidos como cicloalcanos. Apresentam apenas ligações C — H e ligações simples C — C. São hidrocarbonetos saturados de cadeia fechada, também chamados de cicloparafinas. Sua fórmula geral é  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ , com **n** inteiro e maior ou igual a 3. O menor cicloalcano é o ciclopropano.



## NOMENCLATURA

Nos compostos orgânicos cíclicos, sem cadeias laterais, o nome do composto é precedido pelo prefixo "ciclo".

**Ciclo + prefixo + an + o**



O ciclopropano foi usado como anestésico, e o ciclo-hexano é um importante reagente orgânico industrial, utilizado como matéria-prima para produção de hexametilenodiamina, principal componente na fabricação do náilon-6,6.

Geralmente, a temperatura de fusão, a temperatura de ebulição e a densidade dos cicloalcanos aumentam à medida que o número de carbonos aumenta. Essa tendência ocorre em razão do maior número de ligações que estão em anéis de membros mais altos, tornando as ligações mais difíceis de serem quebradas.

## Cicloalcenos, ciclenos ou ciclolefinas

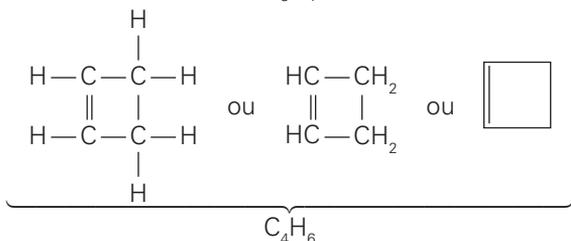
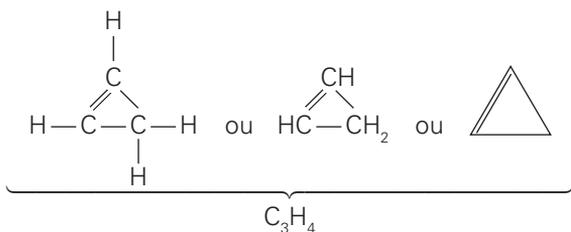
Os cicloalcenos estão talvez entre as substâncias orgânicas mais importantes para fins biológicos e industriais, porque são usados na produção de moléculas essenciais para um amplo espectro de aplicações.

São hidrocarbonetos de cadeias classificadas como alifáticas, cíclicas e com uma dupla-ligação. A fórmula geral desses compostos é apresentada por  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ , sendo **n** um número inteiro e maior ou igual a 3.

## NOMENCLATURA

A nomenclatura segue o mesmo raciocínio dos cicloalcanos.

**Ciclo + prefixo + en + o**



ciclopropeno



ciclobuteno



ciclopenteno

### Observação

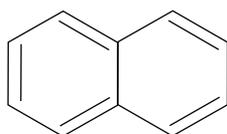
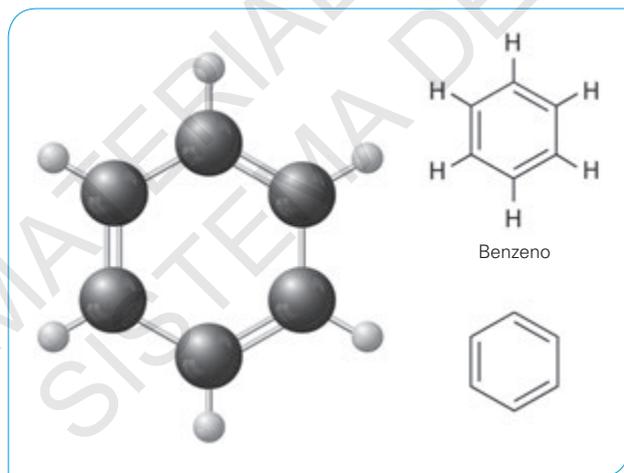
Não é necessário indicar a localização da instauração. O ciclo apresenta apenas uma ligação dupla e, seja qual for a orientação (horária ou anti-horária), obrigatoriamente, os números dos átomos de carbono da ligação dupla serão 1 e 2.

## Aromáticos

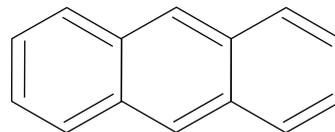
São hidrocarbonetos com um anel benzênico ou mais na cadeia.

A nomenclatura não segue as regras dos demais hidrocarbonetos. Os aromáticos recebem nomes particulares e a terminação **eno** (por causa das duplas-ligações do anel).

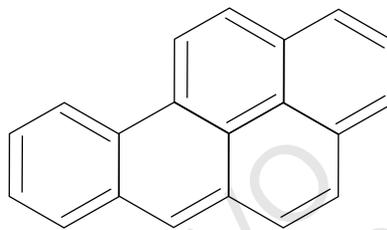
### Exemplos



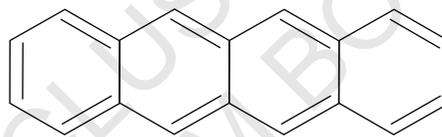
Naftaleno



Antraceno



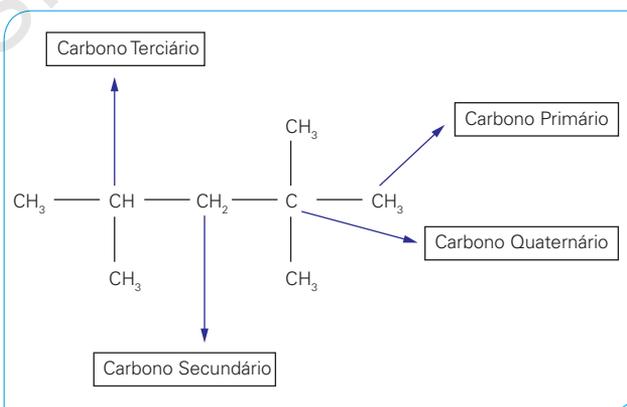
Benzopireno



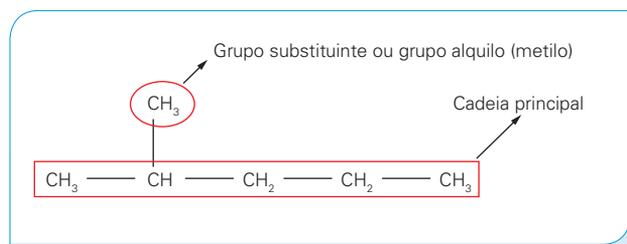
Naftalina

## Hidrocarbonetos de cadeia ramificada

A cadeia de hidrocarbonetos ramificada é aquela que apresenta carbonos terciários e/ou quaternários. Veja a classificação dos átomos de carbono.



Pode-se dizer que há uma cadeia principal e uma ou mais cadeias laterais. A cadeia lateral é denominada radical ou grupo substituinte, enquanto a principal é aquela com maior sequência de carbonos. Veja o exemplo a seguir.



Fórmula de estrutura do composto 2-metilpentano.

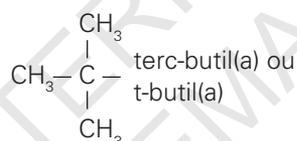
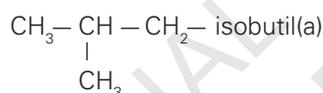
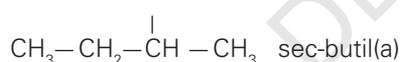
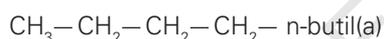
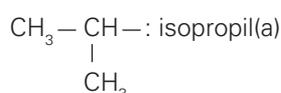
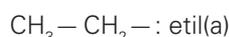
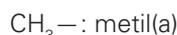
As ramificações agregadas a uma cadeia carbônica são constituídas por radicais derivados dos hidrocarbonetos, ou seja, são partes de moléculas (átomos ou agrupamentos de átomos) que apresentam uma valência livre (elétron desemparelhado). Os radicais são, por isso, bastante instáveis e reativos.

## NOMENCLATURA DOS RADICAIS OU SUBSTITUINTES

### Radicais alquilas

São radicais monovalentes (possuem uma única valência livre) e saturados. Derivam dos alcanos pela perda de um H da molécula. A nomenclatura dos radicais é obtida substituindo-se a letra "o" no final do nome do hidrocarboneto correspondente por "il" ou "ila".

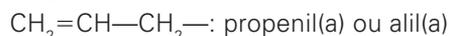
#### Prefixo (nº de átomos de C) + il(a)



### Radicais alquenilas

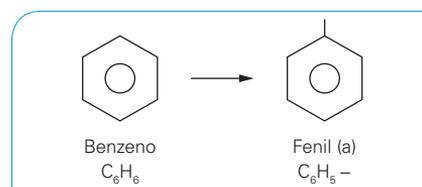
Consistem em radicais que apresentam a valência livre ligada a um carbono insaturado por dupla-ligação de uma cadeia aberta.

#### Prefixo (nº de átomos de C) + en 1 il(a)



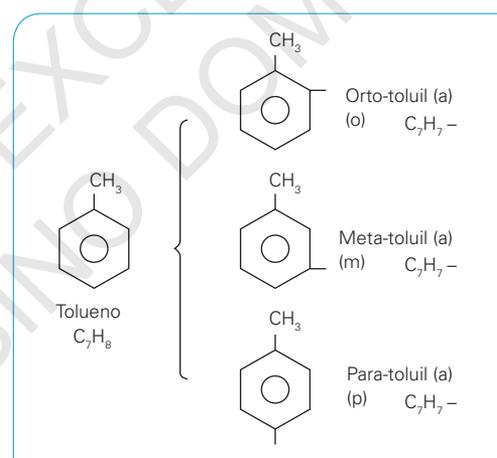
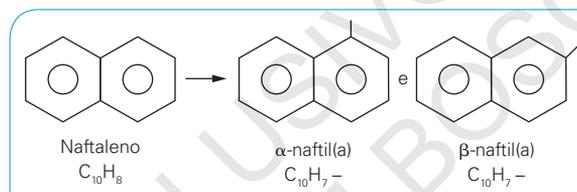
### Radicais arilas

São radicais monovalentes cuja valência livre se encontra em um carbono do anel aromático.



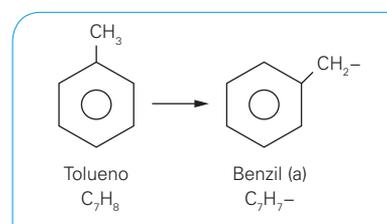
#### Observação

O nome "fenil" deriva de "feno", que significa benzeno, em alemão.



### Radical benzil

Esse radical apresenta a valência livre ligada a um carbono que se encontra agregado a um anel aromático.



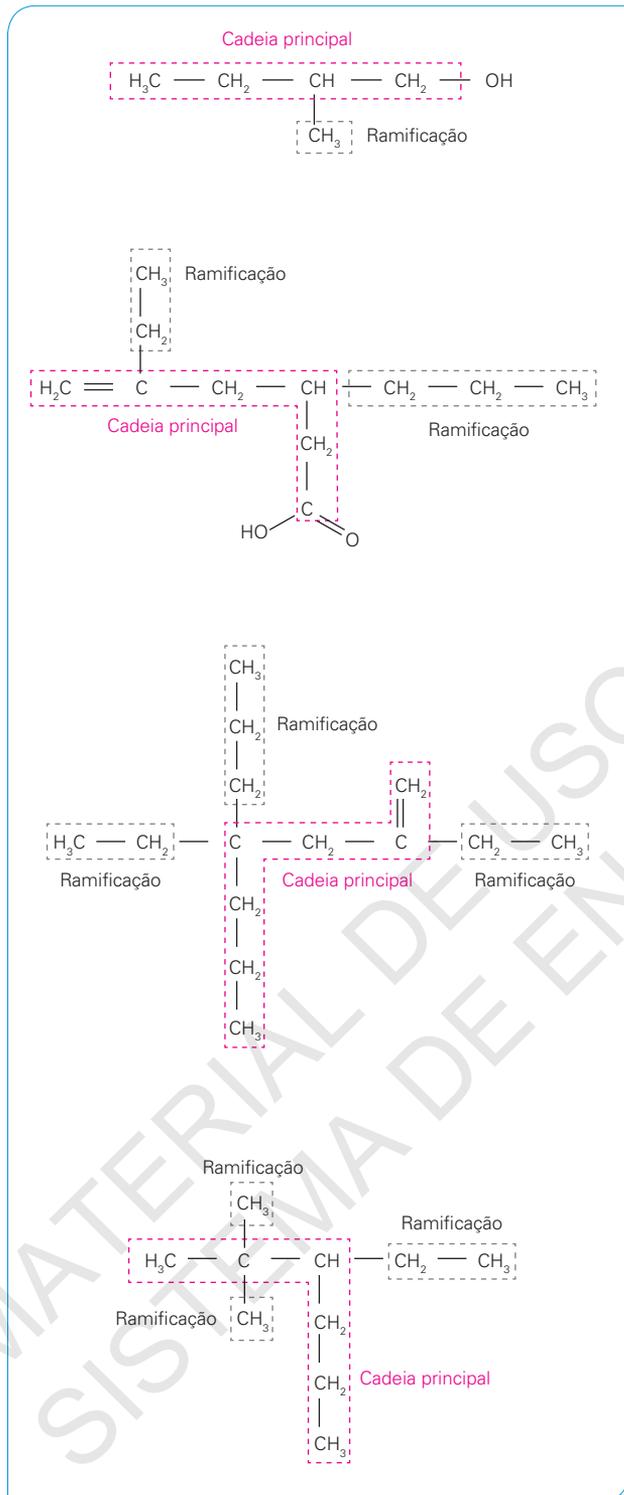
## NUMERAÇÃO DA CADEIA PRINCIPAL

Para determinar a posição, na cadeia carbônica de um grupo funcional, uma insaturação ou uma ramificação, devem-se numerar os carbonos da cadeia.

### Identificando a cadeia principal

A cadeia principal deve ser a que apresenta maior número de átomos de carbono. Além disso, ela precisa conter o grupo funcional correspondente à função e o maior número de insaturações entre carbonos. Se

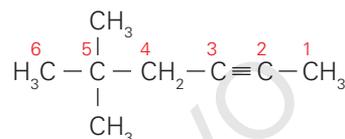
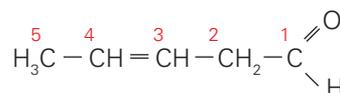
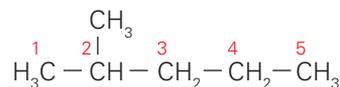
existirem várias cadeias com a mesma função, o mesmo número de insaturações e o mesmo número de carbonos, a principal será a que possuir maior número de grupos radicais substituintes.



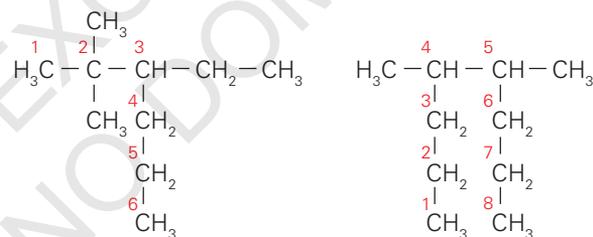
### Numerando a cadeia principal

Deve-se começar a numeração dos carbonos pela extremidade mais próxima de um grupo funcional, uma instauração ou uma ramificação, respeitando-se essa ordem.

← Grupo funcional      Instauração      Ramificação  
Ordem crescente de preferência



Quando não ocorrerem grupos funcionais nem insaturações na cadeia e, nesse caso, houver dois ou mais grupos radicais substituintes, deve-se numerar a cadeia começando pela extremidade mais ramificada (menores números para os grupos substituintes).



### REGRA DE NOMENCLATURA PARA COMPOSTOS RAMIFICADOS

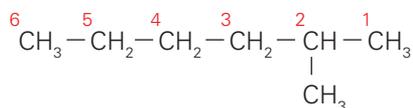
Na nomenclatura sistemática ou IUPAC de compostos ramificados, o nome e a posição que designa a ramificação devem vir antes da nomenclatura oficial da cadeia principal. Assim:



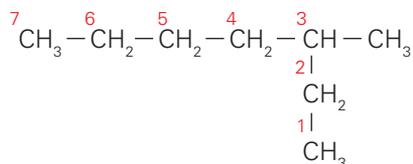
### Alcanos ramificados

- Escolher a cadeia principal e identificar a maior sequência de carbonos, que fornece o nome do composto.
- Numerar a cadeia principal. Iniciar a numeração pela extremidade mais próxima de um radical. Quando a distância for a mesma, começar a numeração na extremidade mais próxima do radical com menor ordem alfabética.
- Os nomes dos grupos substituintes devem ser mencionados em ordem alfabética. Nessa ordem, não devem ser levados em consideração os prefixos "di", "tri", "tetra" etc.

Observe os exemplos:

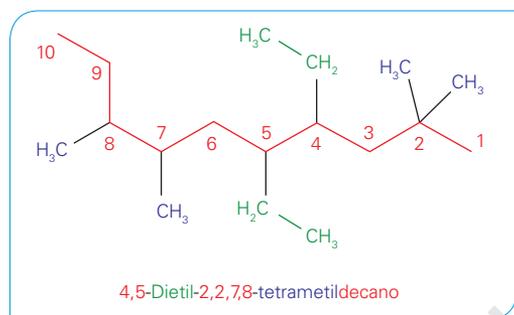


2-metil-hexano



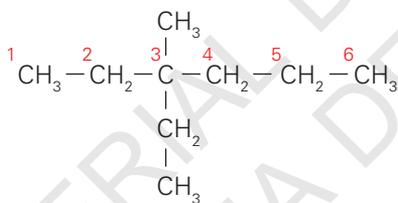
3-metil-heptano

Quando dois ou mais grupos substituintes forem iguais, receberão os prefixos quantitativos "di", "tri", "tetra", e assim por diante, além das indicações de posicionamento para cada um deles.



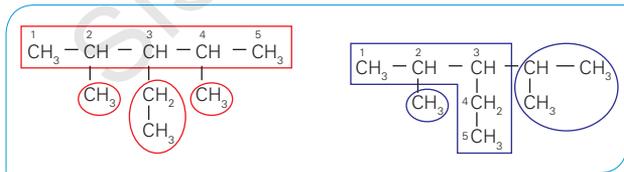
4,5-Dietil-2,2,7,8-tetrametildecano

Quando dois grupos substituintes (grupos funcionais ou ramificações) estiverem presentes no mesmo átomo de carbono, o número será empregado duas vezes (uma para cada grupo substituinte).



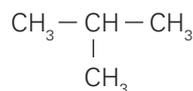
3-etil-3-metil-hexano

Se houver empate de possibilidades de cadeia principal, ou seja, existir mais de uma possibilidade com a mesma quantidade de carbono, deverá ser escolhida a cadeia que tiver maior número de ramificações.

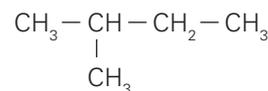


Nesse caso, a cadeia principal é a destacada em vermelho, por ela possuir mais ramificações (três no total) do que a outra (apenas duas). Seu nome, portanto, é 3-etil-2,4-dimetilpentano.

Existem outras nomenclaturas usuais em que o nome do composto está relacionado ao número total de átomos de carbono. São elas:

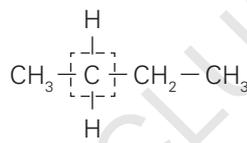


Isobutano

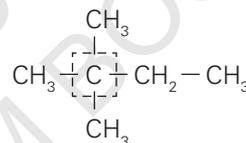


Isopentano

É também encontrada uma nomenclatura derivada do metano, pela substituição de seus átomos de hidrogênio (H) por radicais orgânicos (ramificações). O nome do alcano é dado citando-se primeiramente os substituintes, em ordem crescente de complexidade, seguidos da palavra "metano".



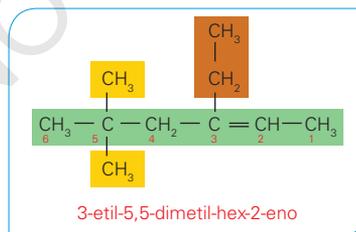
Metil-etil-metano



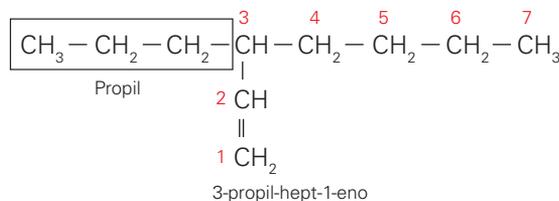
Trimetil-etil-metano

## Alcenos ramificados

Para alcenos, lembrar que a insaturação prevalece sobre a ramificação na numeração da cadeia principal.

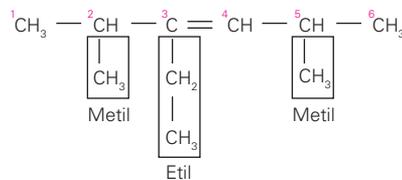


3-etil-5,5-dimetil-hex-2-eno



3-propil-hept-1-eno

Quando a cadeia for insaturada, e a insaturação estiver no meio dela, a numeração deverá ser iniciada pela extremidade mais ramificada.

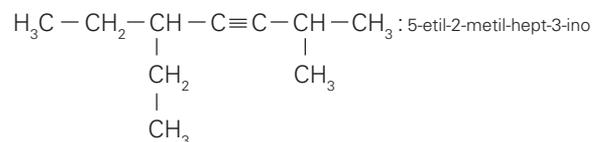
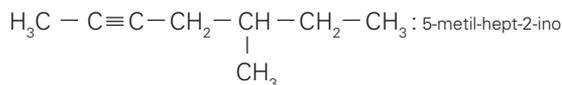


3-etil-2,5-dimetil-hex-3-eno ou 3-etil-2,5-dimetil-3-hexeno

## Alcinos ramificados

A nomenclatura dos alcinos ramificados segue as mesmas regras dos alcenos, ou seja, a insaturação

tem preferência na numeração da cadeia principal em relação às ramificações.

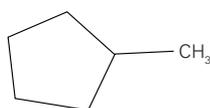


## Ciclanos ramificados

### • Com apenas uma ramificação

Em ciclanos com apenas uma ramificação, não é necessário numerar o ciclo. Dessa forma, basta escrever o nome da ramificação antes do nome da cadeia principal.

**Exemplo:** metil-ciclopentano



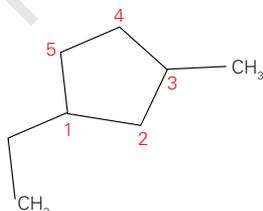
Nessa estrutura, existe uma única ramificação metil, que está ligada a um ciclano com cinco átomos de carbono (prefixo "pent"). Assim, seu nome é metil-ciclopentano.

### • Com dois radicais diferentes em carbonos diferentes

No caso de o ciclano possuir radicais diferentes em carbonos diferentes, é preciso numerar a cadeia (ciclo) por meio do radical que será escrito primeiramente – obedecendo à ordem alfabética – e seguir a numeração de forma a definir o menor número possível ao carbono onde está o outro radical.

Finalmente, escrevem-se as posições dos radicais e seus nomes, em ordem alfabética, antes do termo "ciclo".

**Exemplo:** 1-etil-3-metil-ciclopentano



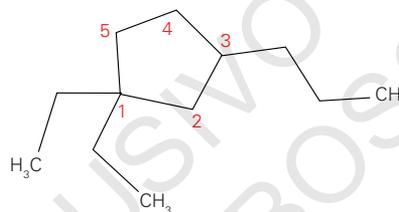
Perceba que esse composto apresenta duas ramificações, então se deve iniciar a numeração pelo carbono 1 do ciclo de cinco carbonos (prefixo "pent"), que está ligado ao radical etil, e seguir no sentido anti-horário,

de forma a dar o menor número possível ao carbono (3) ligado ao radical metil. Assim, o nome do composto, em ordem alfabética, é 1-etil-3-metil-ciclopentano.

### • Com dois radicais no mesmo carbono

Podem ser que o ciclano apresente mais de um radical no mesmo carbono, o qual recebe obrigatoriamente a numeração 1. Em seguida, basta continuar a numeração de forma a definir o menor número possível ao carbono dos outros radicais.

**Exemplo:** 1,1-dietil-3-propil-ciclopentano

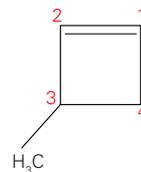


## Ciclenos ramificados

### • Com uma ramificação

Ao numerar a cadeia, deve-se sempre iniciar com o número 1 em um dos carbonos da dupla. Dessa forma, o número 2 automaticamente fica no outro carbono da dupla. O restante da cadeia deve ser numerado de forma a proporcionar o menor número possível ao carbono do radical.

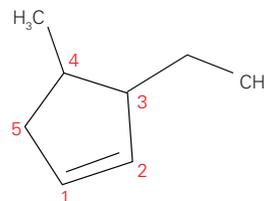
**Exemplo:** 3-metil-ciclopenteno



### • Com duas ou mais ramificações

A numeração da cadeia sempre se inicia com o número 1 em um dos carbonos da dupla. Assim sendo, o outro carbono da dupla recebe o número 2. O restante da cadeia deve ser numerado de forma a proporcionar o menor número possível ao carbono do radical, que obedece à ordem alfabética para ser escrito.

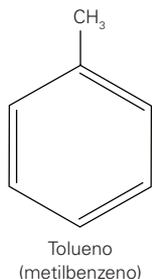
**Exemplo:** 3-etil-4-metil-ciclopenteno



Nesse caso, é preciso iniciar a numeração pelo carbono à esquerda da dupla, uma vez que, quando tomamos a numeração no sentido anti-horário, os carbonos ligados aos radicais metil e etil recebem os menores números.

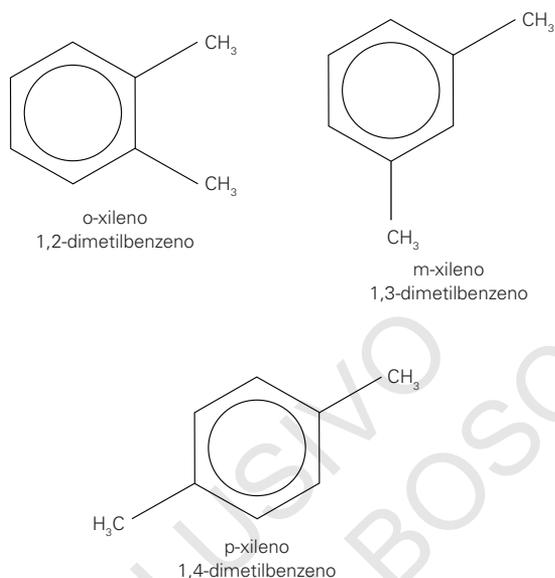
## Aromáticos ramificados

O substituinte e o anel benzênico podem ser nomeados em conjunto, formando novo nome-base.



Quando dois substituintes estão presentes, suas posições relativas são indicadas pelo uso de "orto" (o), "meta" (m) e "para" (p).

Os dimetil-benzenos são chamados de xilenos.



MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## ROTEIRO DE AULA

HIDROCARBONETOS  
DE CADEIA NORMAL

Alcanos

Exemplo

Alcenos

Exemplo

Alcinos

Exemplo

Alcadienos

Exemplo

Ciclanos

Exemplo

Ciclenos

Exemplo

# ROTEIRO DE AULA

## HIDROCARBONETOS DE CADEIA RAMIFICADA

**Alcanos**

Exemplo \_\_\_\_\_

**Alcenos**

Exemplo \_\_\_\_\_

**Alcinos**

Exemplo \_\_\_\_\_

**Alcadienos**

Exemplo \_\_\_\_\_

**Ciclanos**

Exemplo \_\_\_\_\_

**Ciclenos**

Exemplo \_\_\_\_\_

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UFV-MG – O gás de cozinha é uma mistura em que predomina o hidrocarboneto de fórmula:

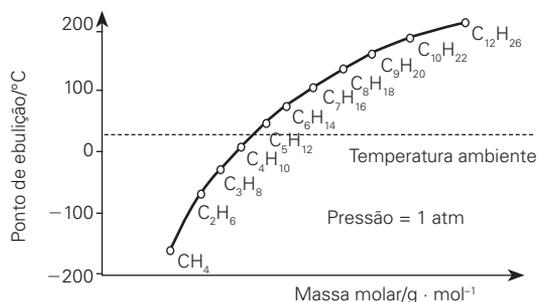


O nome desse alcano é

- a) isobutano. **c) isoetano.**  
**d) butano.**  
 b) isopropano. **e) propano.**



2. UnB-DF – Analise o gráfico a seguir e julgue os itens em verdadeiros ou falsos. Justifique sua resposta.



- I. O hexano é líquido à temperatura ambiente.  
 II. Os hidrocarbonetos com números pares de átomos de carbono são gases à temperatura ambiente.  
 III. Pode-se afirmar com certeza que o ponto de ebulição dos alcanos aumenta com o aumento de suas massas molares, mantendo-se constante a pressão.  
 IV. O ponto de ebulição do heptano fica em torno de 100 °C quando a pressão é de 1 atm.  
 V. O butano é um gás à temperatura ambiente, sob pressão de 1 atm.

I) Verdadeiro.

II) Falso. Em condições ambientes, alcanos que tenham de 1

a 4 carbonos na molécula são gases, de 5 a 16 carbonos são

líquidos e mais de 17 carbonos são sólidos.

III) Verdadeiro.

IV) Verdadeiro.

V) Verdadeiro.

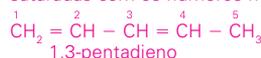
3. UFAL

C7-H24

O nome oficial do hidrocarboneto  $\text{C} = \text{C} - \text{C} = \text{C} - \text{C}$  é

- a) pentano.  
**b) 1,3-pentadieno.**  
 c) 3,4-pentadieno.  
 d) pentino.  
 e) 1,3-pentadi-ino.

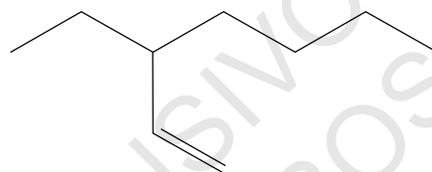
O primeiro passo é numerar a cadeia para mostrar as posições das insaturações, indicando os carbonos que participam das ligações insaturadas com os números mais baixos.



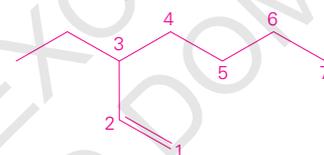
**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

4. PUC-RJ – Segundo as regras da IUPAC, a nomenclatura do composto representado a seguir é

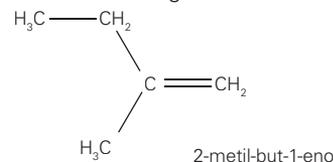


- a) 2-etil-hex-1-eno. **d) 3-metil-hept-1-eno.**  
**b) 3-metil-heptano.**  
 c) 2-etil-hept-1-eno. **e) 3-etil-hept-1-eno.**

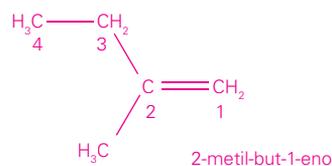


A cadeia principal contém sete carbonos, e a ramificação está no carbono 3. Portanto, o nome oficial desse composto é: 3-etil-hept-1-eno.

5. UFRGS-RS (adaptado) – Considere a representação estrutural da molécula orgânica mostrada a seguir.

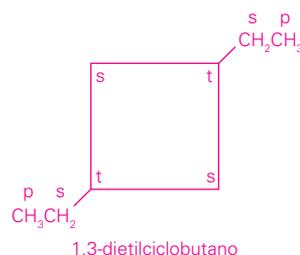


Sobre essa molécula, dê a nomenclatura oficial (IUPAC).



6. UDESC – Para o composto cujo nome IUPAC é 1,3-dietilciclobutano, a alternativa **incorreta** é:

- a) Possui dois carbonos quaternários.**  
 b) Possui dois carbonos terciários.  
 c) Possui quatro átomos de carbono secundário.  
 d) Sua fórmula molecular é  $\text{C}_8\text{H}_{16}$ .  
 e) Apresenta cadeia carbônica saturada.



A fórmula molecular é  $\text{C}_8\text{H}_{16}$ .

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

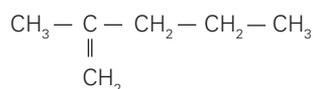
**7. UEA-AM** – Entre os hidrocarbonetos indicados nas alternativas, o único que apresenta fórmula geral  $C_nH_{2n-2}$  é o

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

**8. FPS-PE (adaptado)** – Em uma análise química, verificou-se que um hidrocarboneto continha 80% em massa de carbono, sendo o restante correspondente à massa de hidrogênio. Esse hidrocarboneto possui fórmula molecular  $C_2H_6$ . Qual dos compostos a seguir pode ser o hidrocarboneto analisado?

- a) Metano d) But-2-eno  
 b) Etano e) But-2-ino  
 c) Butano

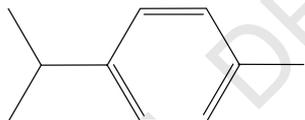
**9. FMJ-SP (adaptado)** – Considere a fórmula estrutural do composto a seguir.



Segundo a IUPAC, o nome correto do hidrocarboneto é

- a) 2,5-dietil-4-propil-oct-2-eno.  
 b) 2-etil-hept-2-eno.  
 c) 4-metil-pent-4-eno.  
 d) 5-propil-non-3-eno.  
 e) 2-metil-pent-1-eno

**10. UFRGS-RS** – Observe a estrutura do p-cimeno a seguir.



Sobre o composto citado anteriormente, dê a nomenclatura oficial (IUPAC).

---



---

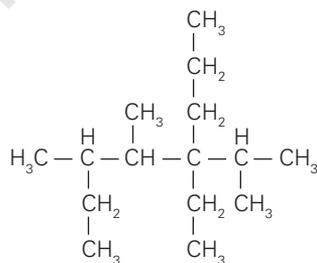


---



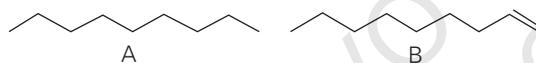
---

**11. Furg-RS** – A nomenclatura correta para o composto cuja estrutura é representada a seguir é



- a) 2,4-dimetil-5-isopropil-5-propil-heptano.  
 b) 2,4-dietil-4-isopropil-3-metil-heptano.  
 c) 3,4-dimetil-5-etil-5-propil-octano.  
 d) 3,4-dimetil-5-etil-5-isopropil-octano.  
 e) 5,6-dimetil-4-etil-4-isopropil-octano.

**12. UEM-PR (adaptado)** – Analisando as estruturas dos compostos orgânicos a seguir em relação às suas características, apresente a nomenclatura segundo as regras e definições da IUPAC.




---



---

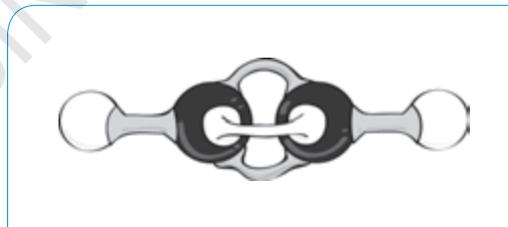


---



---

**13. Fatec-SP** – No modelo da foto a seguir, os átomos de carbono estão representados por esferas pretas e os de hidrogênio, por esferas brancas. As hastes representam ligações químicas covalentes, sendo que cada haste corresponde ao compartilhamento de um par de elétrons.



O modelo em questão está, portanto, representando a molécula de

- a) etino. c) etano. e) n-butano.  
 b) eteno. d) 2-butino.

**14. UEMA**

Diversos produtos tão comuns em nosso dia a dia são obtidos a partir de alcenos, hidrocarbonetos de cadeia aberta que contêm uma dupla-ligação com fórmula geral  $C_nH_{2n}$ , por exemplo: plásticos, tecidos sintéticos, corantes e, até mesmo, explosivos. O eteno costuma ser utilizado como anestésico em intervenções cirúrgicas e no amadurecimento de frutas, mostrando que ele tem importâncias estratégicas para diferentes atividades humanas.

Disponível em: <[www.brasilecola.com/química/alcenos.htm](http://www.brasilecola.com/química/alcenos.htm)>. Acesso em: 12 set. 2014.

Escreva a fórmula estrutural e nomeie, oficialmente, o terceiro composto da série desse hidrocarboneto.

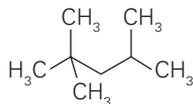
---



---

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

**15. UNESP (adaptado)** – Analise a fórmula que representa a estrutura do isoctano, um derivado de petróleo componente da gasolina.

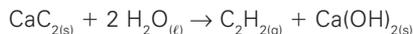


De acordo com a fórmula analisada, é correto afirmar que o isoctano

- a)** é solúvel em água.  
**b)** é um composto insaturado.  
**c)** conduz corrente elétrica.  
**d)** tem fórmula molecular  $C_8H_{18}$ .

- 16. UEA-AM (adaptado)** – Considere o acetileno,  $C_2H_2$ , um gás extremamente inflamável, empregado em maçaricos oxiacetilênicos, que os funileiros utilizam para corte e

solda de metais. Esse gás pode ser obtido pela reação de carbeto de cálcio com água, de acordo com a equação:



Sobre o acetileno, represente sua fórmula estrutural e seu nome segundo as regras da IUPAC.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- 17. Urca-CE (adaptado)** – Luvas cirúrgicas, balões e chupetas são feitos de poli-isopreno, material obtido na polimerização do isopreno, cuja fórmula estrutural é:



O nome oficial é

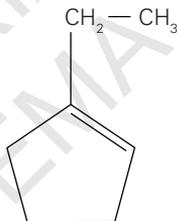
- a)** 2-metil-but-1,3-dieno.      **d)** 3-metil-but-1,3-dieno.  
**b)** but-1,3-dieno.              **e)** 1,3-butadieno.  
**c)** pent-1,3-dieno.

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. UFJF-MG (adaptado)

C5-H17

Um método clássico para a preparação de álcoois é a hidratação de alcenos catalisada por ácido. Nessa reação, o hidrogênio liga-se ao carbono mais hidrogenado, e o grupo hidroxila liga-se ao carbono menos hidrogenado (regra de Markovnikov). Sabendo-se que os álcoois formados na hidratação de dois alcenos são, respectivamente, 2-metil-2-hexanol e 1-etilciclopentanol, a fórmula estrutural de um dos alcenos correspondentes é:



Qual o nome do alceno correspondente?

- a)** 2-etil-ciclopenteno      **d)** 2-metil-1-hexeno  
**b)** 1-etil-ciclopenteno      **e)** 3-metil-2-hexeno  
**c)** 2-metil-3-hexeno

### 19. VUNESP

C7-H24

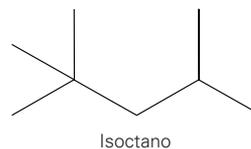
Existe somente uma dupla-ligação na cadeia carbônica da molécula de

- a)** benzeno.                      **d)** ciclo-hexano.  
**b)** n-pentano.                  **e)** propeno (propileno).  
**c)** etino (acetileno).

### 20. UFPR

C5-H17

A qualidade de um combustível é caracterizada pelo grau de octanagem. Hidrocarbonetos de cadeia linear têm baixa octanagem e produzem combustíveis pobres. Já os alcanos ramificados são de melhor qualidade, uma vez que têm mais hidrogênios em carbonos primários e as ligações C—H requerem mais energia que as ligações C—C para serem rompidas. Assim, a combustão dos hidrocarbonetos ramificados torna-se mais difícil de ser iniciada, o que reduz os ruídos do motor. O isoctano é um alcano ramificado que foi definido como referência, e ao seu grau de octanagem foi atribuído o valor 100. A fórmula estrutural (forma de bastão) do isoctano é mostrada a seguir.



Os radicais ligados aos carbonos 2 e 4 da cadeia principal são, respectivamente,

- a)** metil, metil e metil.  
**b)** fenil, etil e metil.  
**c)** hexil, etil e metil.  
**d)** metil, etil e fenil.  
**e)** benzil, etil e metil.



# PETRÓLEO E FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGÊNADAS: ÁLCOOL, ENOL, FENOL E ÉTER

- Petróleo
- Fracionamento do petróleo
- Gasolina
- Octanagem da gasolina
- Craqueamento do petróleo
- Hulha
- Álcool
- Enol
- Fenol
- Éter

## HABILIDADES

- Identificar os processos de transformação do petróleo, carvão mineral e gás natural em materiais e substâncias utilizadas no sistema produtivo.
- Compreender o mecanismo segundo o qual ocorre a destilação fracionada.
- Reconhecer os grupos funcionais.
- Identificar fórmulas estruturais de álcool, enol, fenol e éter.
- Nomear os compostos orgânicos oxigenados de acordo com as normas da IUPAC (nomenclatura oficial).

O petróleo é uma mistura de compostos orgânicos em que predominam os hidrocarbonetos. Chamado de “óleo de pedra”, é um líquido escuro, oleoso, insolúvel em água e menos denso do que ela. Encontra-se em jazidas, no subsolo da crosta terrestre.

## FRACIONAMENTO DO PETRÓLEO

Gás liquefeito, gasolina, querosene, naftas, óleo diesel, óleo lubrificante, asfalto, solventes, parafinas são alguns dos muitos produtos obtidos, direta ou indiretamente, do petróleo.

Nas refinarias, por meio de destilação fracionada em grandes colunas de fracionamento, obtêm-se as diversas porções de petróleo; cada uma ainda é uma mistura, porém bem menos complexa, de hidrocarbonetos com moléculas de massas semelhantes.

### Fração gasosa (gases de petróleo)

- Gás natural
- Gás engarrafado

### Fração benzina ou gasolina (até 150 °C)

- Éter de petróleo
- Benzina especial
- Gasolina especial ou de aviação
- Ligoína

### Fração querosene (de 150 °C a 300 °C)

### Fração óleos lubrificantes (de 300 °C a 400 °C)

- Óleo diesel
- Óleos lubrificantes propriamente ditos

### Resíduos

- Parafinas
- Asfalto
- Vaselinas
- Piche de petróleo

Os vapores dos hidrocarbonetos sobem pela torre e, ao encontrarem regiões com temperaturas iguais ou menores que suas temperaturas de ebulição, condensam-se e são recolhidos. Em cada prato, condensa-se uma fração de petróleo, cada uma com composição específica. Nos pratos inferiores, obtêm-se frações constituídas por hidrocarbonetos de moléculas maiores; nos superiores, recolhem-se frações constituídas por hidrocarbonetos de moléculas menores.

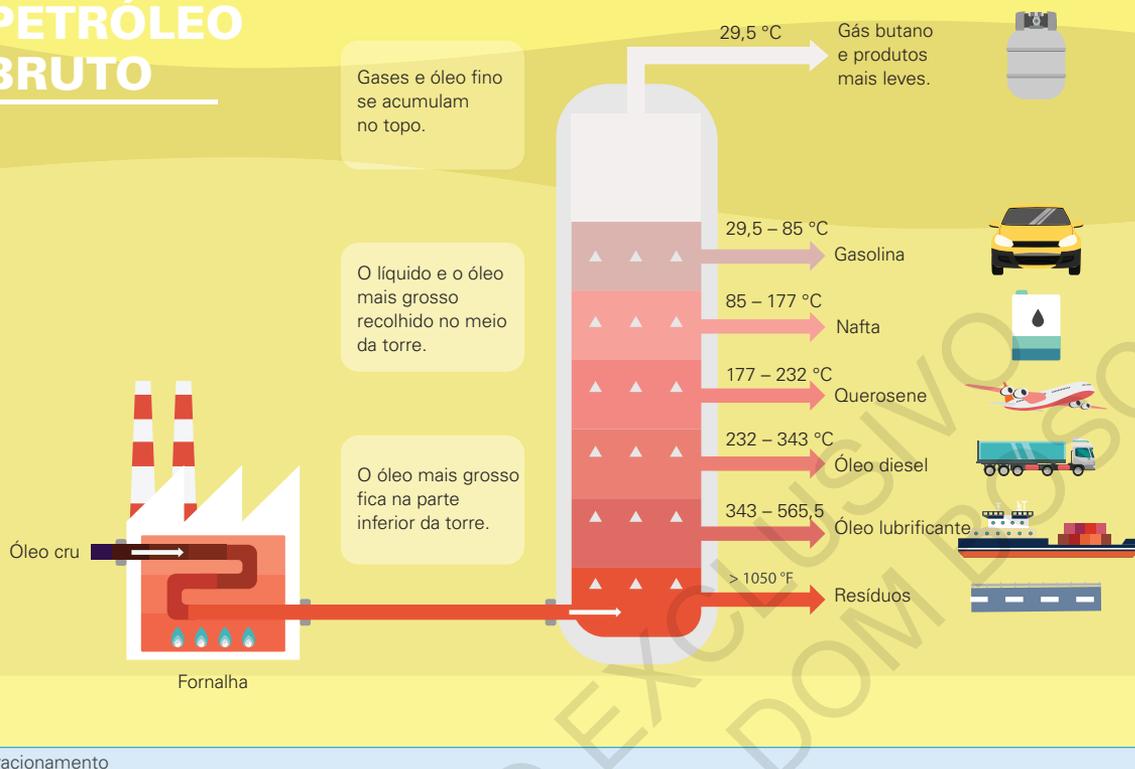
## GASOLINA

Gasolina é um combustível transparente derivado do petróleo bruto e utilizado em motores de combustão interna. O termo "gasolina" é usado no Reino Unido, na Índia, na República da Irlanda e em muitos outros lugares, enquanto o combustível é conhecido como "gás" nos EUA e no Canadá.

## OCTANAGEM DA GASOLINA

Nos motores de explosão, a mistura de gasolina e ar (combustível e comburente) é submetida à compressão, que varia com a potência do motor: quanto maior for a potência do motor, maior será sua compressão.

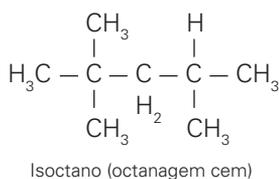
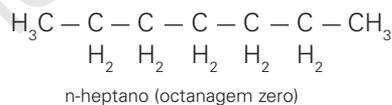
# PETRÓLEO BRUTO



A qualidade de uma gasolina depende da sua maior ou menor resistência à compressão sem detonação, quando em mistura com ar.

Entre os constituintes da gasolina, o n-heptano oferece baixíssima resistência à compressão, apresenta o fenômeno do *knocking* a pressões muito baixas; por outro lado, o isoctano (2,2,4-trimetil-pentano) oferece grande resistência à compressão, ou seja, só apresenta o *knocking* (detonação prematura) a pressões muito altas. Esses dois hidrocarbonetos foram tomados como padrão para a determinação da resistência da gasolina à compressão sem detonação, quando em mistura com o ar. Foi, então, estabelecido o índice de octanos. Ao n-heptano, foi arbitrariamente dado o valor zero e, ao isoctano, o valor 100.

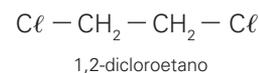
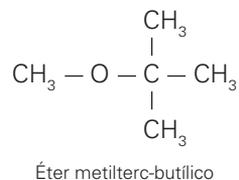
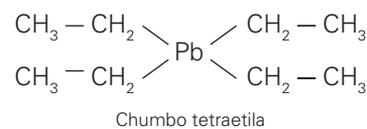
Quando se diz que uma gasolina tem x octanos (octanagem x, número de octanos x, índice de octanos x), pretende-se dizer que a mistura dessa gasolina com o ar no motor de explosão resiste à mesma compressão sem detonação que uma mistura x% de isoctano e (100 – x%) de heptano.



Assim, uma gasolina de 80 octanos (octanagem 80, número de octanos 80) é aquela que se comporta no motor como mistura contendo 80% de isoctano e 20% de n-heptano.

Evidentemente, quanto maior for o índice de octanos, melhor será a qualidade da gasolina, pois esta resiste a maiores compressões sem detonação prematura (*knocking* ou batida de pino).

Antidetonantes (ou anti-*knocking*) são substâncias adicionadas à gasolina para elevar a sua octanagem, isto é, para aumentar a sua resistência à compressão. Os antidetonantes mais empregados são o chumbo tetraetila ou tetraetilchumbo ( $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ ), de uso proibido por causa da poluição ambiental, e o cloreto de etileno.

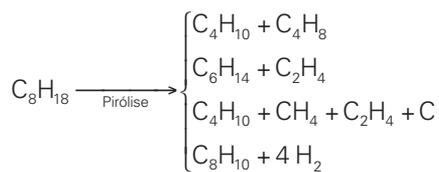


## CRAQUEAMENTO – CRACKING

A fração de maior consumo obtida no fracionamento do petróleo é a da gasolina. A porcentagem de gasolina no petróleo varia com a procedência dele; em média, é de 10%.

Pode-se, porém, obter maior rendimento em gasolina no petróleo. Isso é feito pelo processo de *cracking* do petróleo, que consiste no aquecimento, entre 450 °C e 700 °C, das frações menos voláteis que a gasolina, ou seja, daquelas mais pesadas. Essas frações contêm hidrocarbonetos com maior cadeia carbônica, e, durante o processo, ocorre a pirólise (quebra por aquecimento) deles, formando-se hidrocarbonetos com menores cadeias carbônicas, constituintes da gasolina. No *cracking*, empregam-se catalisadores especiais, que aumentam o rendimento da gasolina.

Simultaneamente ao *cracking*, faz-se a hidrogenação catalítica, para transformar os alcenos em alcanos. O processo de *cracking* é bastante complexo e origina uma mistura de produtos.



## HULHA

A hulha, carvão mineral ou carvão de pedra, geralmente encontrada em jazidas subterrâneas, provém do soterramento de vegetais há aproximadamente 200 milhões de anos. Em regra, tem grau de pureza superior a 70%, apesar da composição bem variada: cerca de 6% de hidrogênio, 10% de oxigênio, 2% de enxofre, 1% de nitrogênio e aproximadamente 10% de outros componentes. É a principal fonte de hidrocarbonetos aromáticos.

Da destilação a seco da hulha, obtêm-se vários produtos como o gás de iluminação das primeiras cidades da Europa a apresentarem iluminação pública nas ruas; as águas amoniacais; a tecnologia de fertilizantes, que alavancou a agricultura.

O carvão mineral é formado por materiais ricos em carbono, ocorre na crosta terrestre, em forma de sedimentos, e resulta da fossilização da madeira. Observe o teor de carbono encontrado em diferentes fontes:

- **madeira** – 40%
- **turfa** – 60%
- **linhito** – 70%
- **hulha** – 80%
- **antracito** – 90%

## Destilação a seco da hulha

Na prática, a destilação seca da hulha é feita pelo aquecimento a 1 000 °C em retortas de ferro, ao abrigo do ar. São obtidas as seguintes frações:

### 1. Fração gasosa

- Gás de rua ou gás de iluminação

### 2. Fração líquida

- Águas amoniacais
- Alcatrão da hulha

### 3. Fração sólida ou resíduo

- Carvão coque

O gás de rua é constituído de H<sub>2</sub> (50%), CH<sub>4</sub> (35%), CO (7%) e outros componentes.

As águas amoniacais representam a fase rica em NH<sub>3</sub>, sais de amônio, aminas e outros componentes orgânicos em solução aquosa. Por meio das águas amoniacais, são fabricados sais de amônio utilizados como fertilizantes.

O carvão coque é usado como redutor em metalurgia e, em particular, na siderurgia, na produção de carbureto, gás-d'água, ferro e aço.

Na química orgânica, a fração mais importante obtida da destilação seca da hulha é o alcatrão, constituído por uma mistura de compostos aromáticos (hidrocarbonetos e derivados) de grande relevância na indústria química.

Principais frações obtidas pela destilação fracionada do alcatrão da hulha:

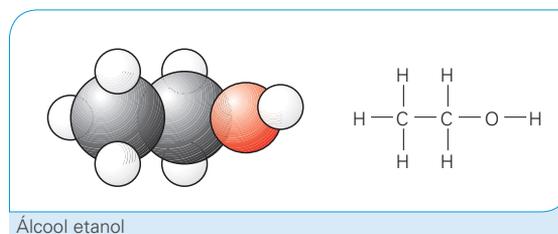
- **Óleos leves** – até 150 °C: benzeno, tolueno, xileno
- **Óleos médios** – de 150 °C a 220 °C: fenol, naftaleno
- **Óleos pesados** – de 220 °C a 270 °C: cresóis, anilina
- **Óleos verdes** – de 270 °C a 400 °C: antraceno, fenantreno
- **Resíduos ou piche**

## Funções orgânicas oxigenadas - álcool, enol, fenol e éter

### Álcool

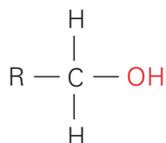
Álcoois são compostos orgânicos nos quais o grupo funcional hidroxila (—OH) está ligado a um átomo de carbono saturado, isto é, apenas com ligações simples. Os álcoois são uma classe importante de moléculas, com muitos usos científicos, médicos e industriais.

#### Exemplo

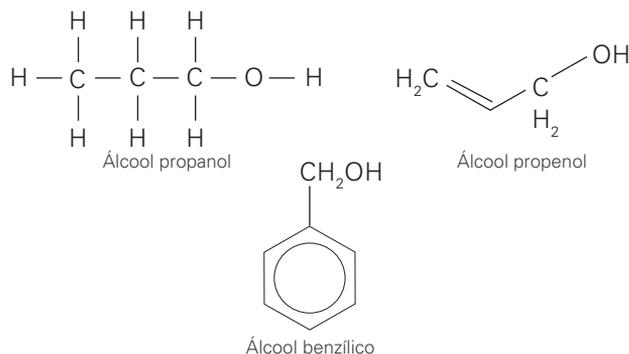


Álcool etanol ou etílico pode ser usado com segurança como um solvente para diferentes produtos, como extratos de culinária, óleos essenciais, tinturas e concentrados. O uso de álcool etílico de grau alimentar minimiza as impurezas que podem contaminar extratos e tinturas.

Os álcoois podem ser representados de uma forma geral:



R pode ser cadeia carbônica aberta ou cíclica e conter insaturação ou anel aromático. Por exemplo:

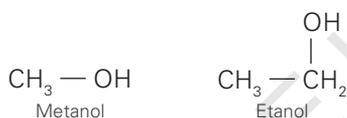


## CLASSIFICAÇÃO

### Quanto ao número de hidroxilas

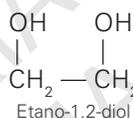
#### a) Monoálcoois

Apresentam um único grupo hidroxila.



#### b) Diálcoois

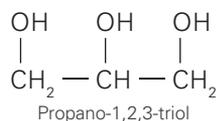
Contêm dois grupos funcionais —OH em sua estrutura. Também são chamados dióis ou glicóis.



O etano-1,2-diol ou etileno glicol é um diálcool utilizado como anticongelante nos radiadores. Misturado à água, provoca abaixamento da sua temperatura de fusão e elevação da sua temperatura de ebulição, aumentando a capacidade de resfriamento do motor dos veículos.

#### c) Triálcoois

Possuem três grupos funcionais —OH em sua estrutura. Podem ser chamados de trióis.



O propano-1,2,3-triol, também denominado glicerina ou glicerol, é o triol mais conhecido. Forma-se pela hidrólise dos óleos e gorduras. Por causa das suas

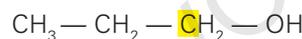
características – líquido incolor, viscoso e higroscópico (absorve água) –, é usado como agente amaciante em produtos para a pele, na fabricação de supositórios, sabões etc., além de ser matéria-prima na obtenção da trinitroglicerina, utilizada como explosivo.

Acima de três grupos funcionais, os álcoois são classificados como poliálcoois e apresentam hidroxilas ligadas a carbonos distintos.

### Quanto à posição da hidroxila

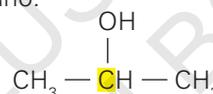
#### a) Álcoois primários

Apresentam o grupo hidroxila (—OH) ligado diretamente ao carbono primário.



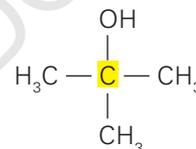
#### b) Álcoois secundários

Contêm o grupo hidroxila ligado diretamente ao carbono secundário.



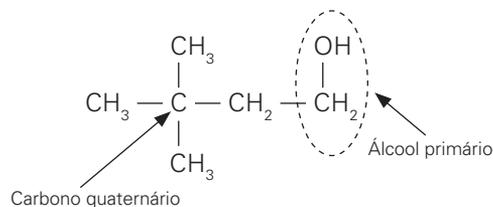
#### c) Álcoois terciários

Contêm o grupo oxidrila ligado diretamente ao carbono terciário.



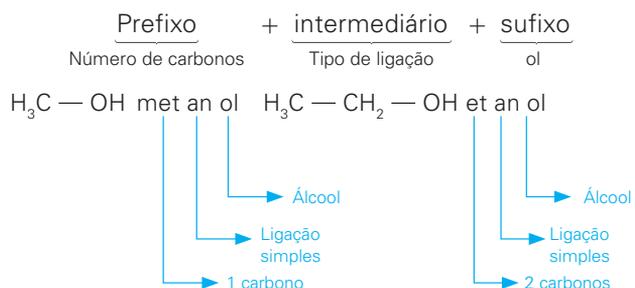
#### Observação

Por ser o carbono tetravalente, a limitação de quatro ligações de carbono impossibilita a formação de álcoois classificados como quaternários. Porém, podem ser encontrados álcoois com carbonos quaternários em sua estrutura.

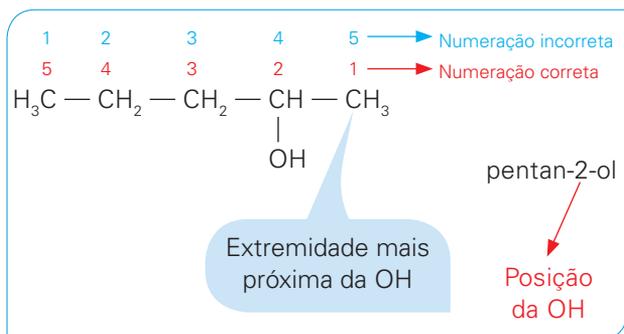


## NOMENCLATURA DE ACORDO COM A IUPAC

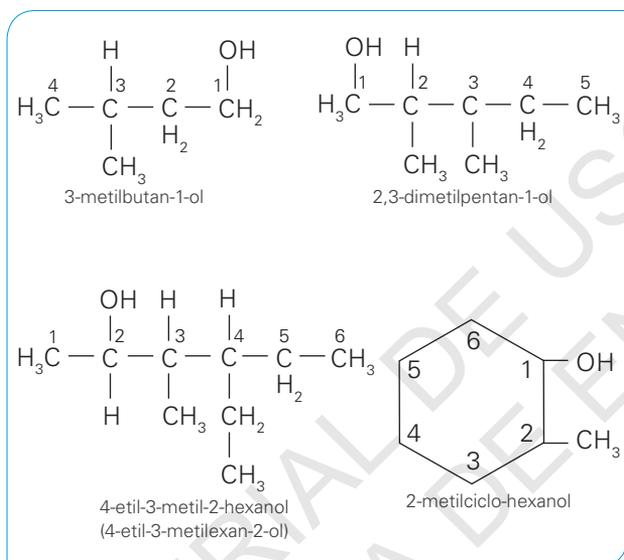
Para os álcoois, utiliza-se o sufixo **ol**. A cadeia principal deve ser a mais longa possível e conter o grupo —OH. A numeração deve ser iniciada pela extremidade mais próxima ao grupo —OH.



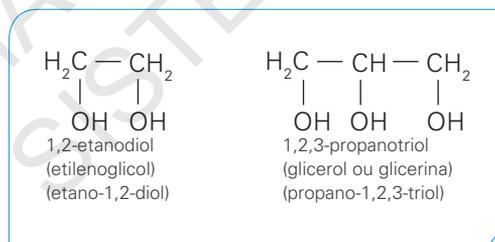
Para álcoois de cadeias carbônicas com três ou mais carbonos, deve-se indicar a posição do grupo funcional, iniciando-se a numeração da cadeia carbônica pela extremidade mais próxima do grupo ( $\text{—OH}$ ).



Quando os álcoois possuírem cadeias ramificadas, deve-se escolher como cadeia principal a mais longa e que contenha o grupo hidroxila. As ramificações aparecem primeiro na nomenclatura e devem vir em ordem alfabética. Além disso, os prefixos **di**, **tri**, **tetra** etc., que indicam a quantidade de ramificações iguais, não interferem na ordem alfabética.



Quando for encontrado mais de um grupo  $\text{—OH}$  na cadeia, a terminação deve ser precedida pelos prefixos **di**, **tri** etc.



## NOMENCLATURA USUAL

A nomenclatura inicia-se com a palavra **álcool**, seguida do nome do radical ligado à hidroxila mais a terminação **ico**.

$\text{CH}_3 - \text{OH}$ : álcool metílico

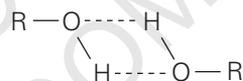
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ : álcool etílico

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ : álcool n-propílico

## PROPRIEDADES

As propriedades dos álcoois são determinadas pela presença do grupo hidroxila na sua estrutura molecular. Esse grupo difere muito do íon hidróxido ( $\text{OH}^-$ ). Ele não se ioniza em água, portanto não confere aos álcoois propriedades nitidamente básicas, como acontece com as bases inorgânicas.

Na presença de indicadores comuns, os álcoois promovem reações neutras. Também por causa do grupo  $\text{—OH}$  em sua estrutura, as moléculas dos álcoois são polares, apresentando comportamento muito diferente comparado ao dos hidrocarbonetos. As moléculas de álcoois relacionam-se por meio de ligações de hidrogênio (pontes de hidrogênio), característica que lhes confere elevadas temperaturas de fusão e ebulição.



Os álcoois de baixa massa molecular, como o metanol, o etanol e o propano-1-ol, são miscíveis com a água; assim, possuem solubilidade em qualquer proporção. Essa miscibilidade é diretamente atribuída às ligações de hidrogênios.

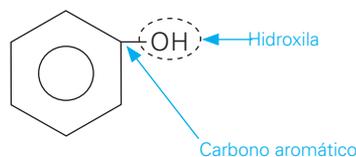
Contudo, quanto maior for a cadeia carbônica agregada ao grupo funcional, maior será a característica não polar da estrutura e, com isso, a solubilidade em água tenderá a diminuir.

Ao mesmo tempo que o aumento da cadeia carbônica dos álcoois promove um aumento das temperaturas de fusão e ebulição, em razão do aumento da área superficial da molécula, provoca a diminuição da solubilidade em água, por aumentar a característica não polar da cadeia.

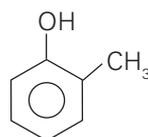
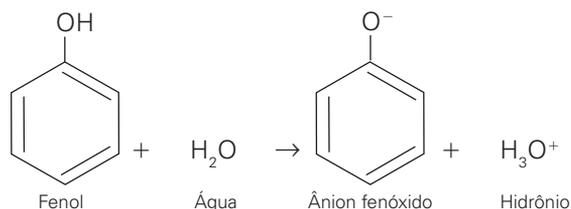
## Fenol

Fenóis são derivados de substâncias aromáticas obtidos pela substituição de átomos de hidrogênio do anel benzênico pelo grupo hidroxila ( $\text{—OH}$ ). O mais simples recebe o nome da classe: fenol.

### Exemplo

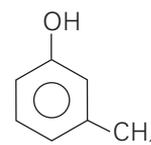


O fenol é um sólido cristalino incolor muito solúvel em água e muito corrosivo, podendo causar graves queimaduras na pele. Costuma-se usá-lo em soluções a 2% na desinfecção de instrumentos médicos, pois é um poderoso germicida. Possui caráter ácido (é um ácido fraco) e ioniza-se de acordo com a equação:



**IUPAC:** 1-hidróxi-2-metilbenzeno ou 2-metilfenol

**Outros:** o-hidróxi-metilbenzeno ou o-cresol ou o-metilfenol ou o-hidróxi-tolueno



**IUPAC:** 1-hidróxi-3-metilbenzeno ou 3-metilfenol

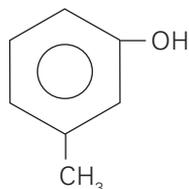
**Outros:** m-hidróxi-metilbenzeno ou m-cresol ou m-metilfenol ou m-hidróxi-tolueno

## CLASSIFICAÇÃO

### Quanto ao número de hidroxilas fenólicas

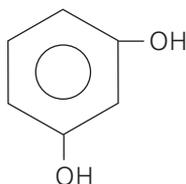
#### a) Monofenóis

Apresentam somente uma hidroxila fenólica.



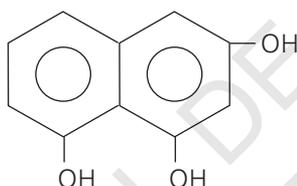
#### b) Difenóis

Contêm duas hidroxilas fenólicas na molécula.



#### c) Polifenóis

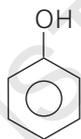
Têm três ou mais hidroxilas fenólicas na molécula.



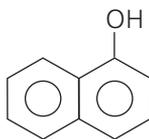
## NOMENCLATURA DE ACORDO COM A IUPAC

Para os fenóis, usamos a seguinte regra IUPAC:

**HIDRÓXI + HIDROCARBONETO**



**IUPAC:** hidróxi-benzeno ou fenol  
**Outros:** benzenol e ácido fênico



**IUPAC:** 1-hidróxi-naftaleno ou  $\alpha$ -naftol  
**Outros:** naftalen-1-ol ou 1-naftalenol

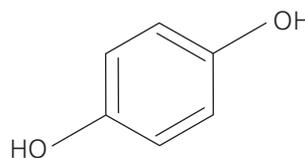
Quando houver mais de um substituinte no anel aromático, eles terão as posições indicadas pelo grupo hidroxila (1). Também são aceitos, para compostos aromáticos dissubstituídos, os prefixos **orto** (1-2) ou **o**, **meta** (1-3) ou **m** e **para** (1-4) ou **p**, respectivamente, em relação à hidroxila.

## PROPRIEDADES

As propriedades físicas e químicas dos fenóis são devidas principalmente à presença do grupo hidroxila. Os fenóis geralmente têm temperaturas de ebulição mais altas em comparação com outros hidrocarbonetos com massas moleculares iguais. Isso ocorre em razão da presença de ligação de hidrogênio intermolecular entre grupos hidroxila de moléculas de fenol. Em geral, a temperatura de ebulição dos fenóis aumenta com o aumento do número de átomos de carbono.

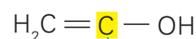
Os fenóis constituem matéria-prima para desinfetantes, resinas, explosivos e medicamentos. Na medicina, o fenol comum é chamado de ácido carbólico. Em laboratórios, é usualmente conhecido como ácido fênico. Os fenóis do tolueno são denominados cresóis e compõem a creolina. Os fenóis são usados, também, na produção de cosméticos e perfumes, bem como na conservação de madeiras.

Alguns polifenóis apresentam mais de um grupo hidroxila ligado ao anel benzênico, como a hidroquinona, redutor utilizado como revelador fotográfico.



## Enol

Enóis são compostos orgânicos que têm o grupo funcional hidroxila ( $\text{—OH}$ ) ligado diretamente ao carbono que apresenta dupla-ligação (insaturado).



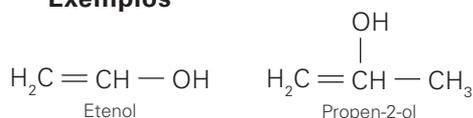
Carbono insaturado

## NOMENCLATURA

A nomenclatura é idêntica à de um álcool insaturado.

**Prefixo + numeração + intermediário + ol**

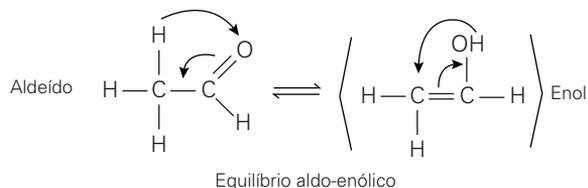
### Exemplos



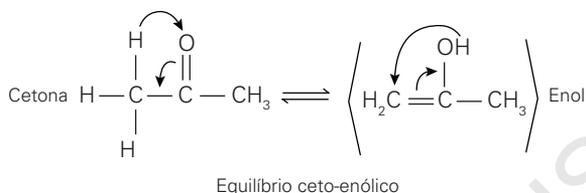
## PROPRIEDADES

Os enóis são compostos muito instáveis. Tautomerizam-se (isomeria plana, que será estudada mais adiante) em função da presença de uma dupla-ligação no mesmo carbono do grupo funcional ( $\text{—OH}$ ). A existência de uma ligação dupla próxima ao átomo de oxigênio (elemento muito eletronegativo) faz com que os elétrons sejam atraídos pelo átomo de O e mudem de posição, criando um sistema que assume um princípio de equilíbrio químico dinâmico, promovendo uma interconversão contínua entre as funções. Dependendo do tipo de carbono, os enóis ficam em equilíbrio com aldeídos (para carbonos primários) ou com cetonas (para carbonos secundários).

## ALDEÍDO E ENOL



## CETONA E ENOL



## Éter

Os éteres apresentam um átomo de oxigênio como heteroátomo na cadeia carbônica. Isso quer dizer que há dois grupos orgânicos ligados simultaneamente ao oxigênio, sendo os ligantes vizinhos ao oxigênio somente carbonos e seus hidrogênios.

São representados de forma geral por  $\text{R—O—R}'$  (em que R e R' são radicais orgânicos).

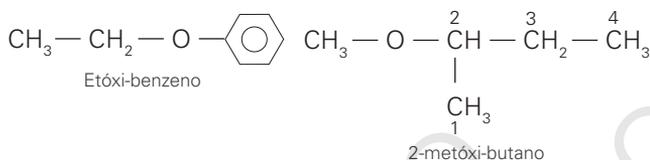
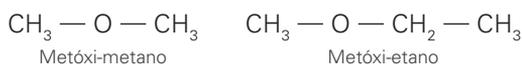
Se os radicais forem iguais, os éteres serão simétricos; caso os radicais sejam diferentes, os éteres serão assimétricos. A obtenção dos éteres ocorre por desidratação intermolecular dos álcoois.



## NOMENCLATURA DE ACORDO COM A IUPAC

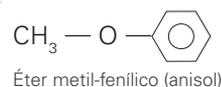
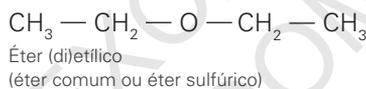
Como a cadeia é heterogênea, a nomenclatura dos éteres é dividida em duas partes. O menor grupo orgânico é acompanhado da terminação **-oxi**

(também chamada radical **alcóxi**), seguida do nome do hidrocarboneto correspondente ao grupo maior (cadeia principal).



## NOMENCLATURA USUAL

Nessa nomenclatura, a palavra **éter** é seguida das nomenclaturas dos radicais em ordem alfabética, acrescidas da terminação **ílico**.



### Observação

O éter dietílico, historicamente, é o éter mais importante. Pode ser obtido por meio do etanol e do ácido sulfúrico, daí a nomenclatura de éter sulfúrico. Por muito tempo, foi utilizado, na medicina, como anestésico, por ser relaxante muscular de fácil administração. No entanto observou-se que ele podia causar pneumonia pós-cirurgia, deixando, portanto, de ser usado.

## PROPRIEDADES

Como os éteres são formados por uma “ponte de oxigênio” (oxiponte) ligando duas cadeias carbônicas, são classificados, às vezes, como óxidos orgânicos. A presença do átomo de oxigênio no centro da cadeia carbônica confere à estrutura baixa polaridade. Consequentemente, ela apresenta baixas temperaturas de fusão e ebulição, sendo pouco solúvel em água.

Por causa da sua baixa polaridade, os éteres constituem ótimos solventes para substâncias não polares, como graxas, iodo, enxofre etc.

São bastante estáveis, sofrendo poucas reações químicas. Em contato com o ar, no entanto, oxidam-se, formando peróxidos, sendo perigosos até mesmo em baixa concentração, por serem explosivos.

## ROTEIRO DE AULA

## PETRÓLEO

## Características

Escuro, menos denso que a água e oleoso

## Produtos energéticos

Gasolina, óleo diesel, gás natural

## Produtos não energéticos

Piche, parafinas, óleos lubrificantes

## Craqueamento

Consiste na quebra de moléculas maiores de hidrocarbonetos em moléculas menores.

## Octanagem

Propriedade de a gasolina resistir à compressão sem entrar em autoignição.

## Destilação

Método de separação dos componentes de uma mistura homogênea formada por líquidos que apresentam diferentes temperaturas de ebulição.

# ROTEIRO DE AULA

## FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS: ÁLCOOL, ENOL, FENOL E ÉTER

Hidroxila ligada a  
carbono saturado

Álcool

Exemplo

---



---



---

Hidroxila ligada  
a carbono  
insaturado

Enol

Exemplo

---



---



---

Hidroxila ligada a  
anel aromático

Fenol

Exemplo

---



---



---

Oxigênio entre  
carbonos

Éter

Exemplo

---



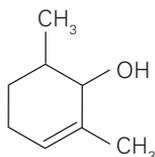
---



---

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **Unibe-MG** – De acordo com as regras oficiais de nomenclatura (IUPAC), o nome da substância cuja fórmula estrutural simplificada é mostrada a seguir é

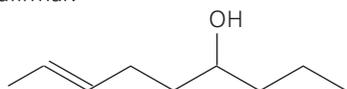


- a) 1,3-dimetil-cicloex-3-en-2-ol.  
 b) 2,4-dimetil-cicloex-1-en-3-ol.  
 c) 1,3-dimetil-cicloex-1-en-2-ol.  
 d) 2,6-dimetil-cicloex-2-en-1-ol.



2,6-dimetil-cicloex-2-en-1-ol

2. **UEM-PR** – Com relação à estrutura dada a seguir, é correto afirmar:



- 01) Sua massa molar é 142 g/mol.  
 02) Sua cadeia carbônica é classificada como alifática, insaturada e homogênea.  
 04) Tem apenas um carbono terciário.  
 08) Seu nome sistemático é non-7-en-4-ol.  
 16) É uma molécula plana.

Dê a soma das afirmativas corretas.

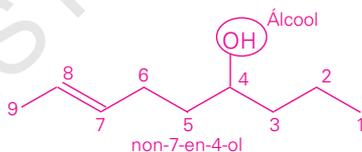
11 (01 + 02 + 08)

01) Correta. Tem fórmula molecular  $C_9H_{18}O$  e massa 142 g/mol.

02) Correta. Apresenta cadeia alifática (não aromática), insaturada e homogênea.

04) Incorreta. Não possui carbono terciário em sua estrutura.

08) Correta. A molécula contém somente carbonos primários e secundários.



16) Incorreta. A molécula apresenta, em sua estrutura, carbonos primários que possuem geometria tetraédrica (não planar).

3. **Fatec-SP (adaptado)**

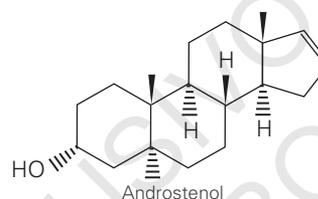
C5-H17

Leia o texto.

Feromônios são substâncias químicas secretadas pelos indivíduos e que permitem a comunicação com outros seres vivos. Nos seres humanos, há evidências de que algumas substâncias, como o androstenol e a copulina, atuam como feromônios.

Disponível em: <<http://tinyurl.com/hqfrxbb>>. Acesso em: 17 set. 2016. Adaptado.

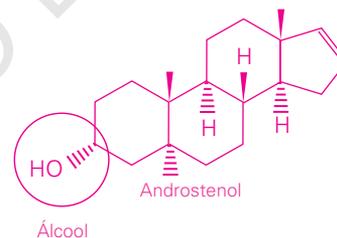
A fórmula estrutural do androstenol é:



A função orgânica oxigenada encontrada no androstenol é

- a) fenol. d) éter.  
 b) álcool. e) cicloalceno.  
 c) enol.

A fórmula estrutural do androstenol apresenta um grupo hidroxila ( $-OH$ ) ligado em um carbono saturado cíclico.



**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

4. **UEFS-BA** – O petróleo é fonte de combustíveis e de matérias-primas industriais que são obtidos pela destilação fracionada nas refinarias. Entretanto, o aumento na extração do petróleo, do efeito estufa e da poluição ambiental, decorrentes do uso contínuo de combustíveis de origem fóssil, vem sendo discutido por toda a sociedade.

Considerando-se essas informações associadas aos conhecimentos da química, é correto afirmar:

- a) A liberação de  $SO_{2(g)}$  na queima de combustíveis, como o óleo diesel, é inócua ao ambiente, porque esse gás é instável e reage rapidamente com o oxigênio do ar.  
 b) O aumento na extração de petróleo não compromete as grandes reservas mundiais, porque esse material é formado pela decomposição aeróbica de materiais orgânicos.  
 c) O efeito estufa está relacionado à capacidade de o dióxido de carbono,  $CO_{2(g)}$ , produto da combustão completa, absorver a radiação ultravioleta proveniente do Sol.

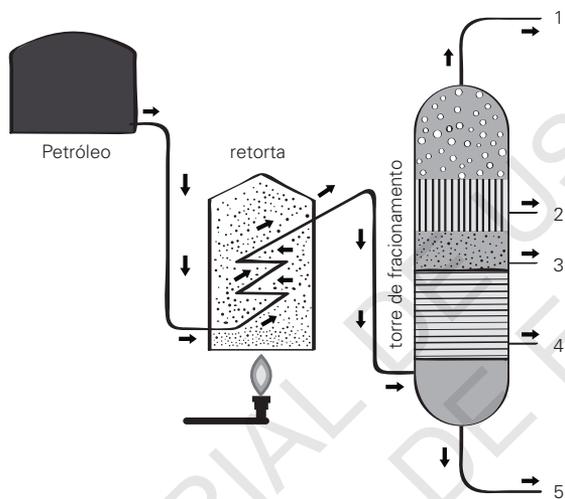
d) O óleo diesel, mistura de hidrocarbonetos constituídos por cadeias carbônicas de 13 a 17 átomos de carbono, é um líquido menos denso do que a gasolina comum.

e) A obtenção de polímeros sintéticos, usados na fabricação de tecidos, colas e embalagens plásticas, requer a utilização de matérias-primas obtidas na destilação do petróleo.

O processo de separação dos componentes do petróleo é chamado, de uma forma geral, de refino, e as substâncias que são separadas denominam-se de frações. As mais conhecidas são:

- gasolina (combustível para carros e motos, por exemplo);
- querosene (combustível para aviões, por exemplo);
- nafta (matéria-prima para a produção de plástico);
- óleo diesel (combustível para caminhões, por exemplo);
- óleo lubrificante (para motores de carros);
- massa asfáltica (para pavimentação de ruas);
- betume (para impermeabilização);
- parafina (para fabricação de velas, por exemplo);
- gás liquefeito de petróleo (combustível para fogão).

**5. Unifesp** – A figura mostra o esquema básico da primeira etapa do refino do petróleo, realizada à pressão atmosférica, processo pelo qual ele é separado em misturas com menor número de componentes (fracionamento do petróleo).



a) Dê o nome do processo de separação de misturas pelo qual são obtidas as frações do petróleo e o nome da propriedade específica das substâncias na qual se baseia esse processo.

b) Considere as seguintes frações do refino do petróleo e as respectivas faixas de átomos de carbono: gás liquefeito de petróleo (de  $C_3$  a  $C_4$ ); gasolina (de  $C_5$  a  $C_{12}$ ); óleo combustível ( $> C_{20}$ ); óleo diesel (de  $C_{12}$  a  $C_{20}$ ); querosene (de  $C_{12}$  a  $C_{16}$ ).

Identifique em qual posição (1, 2, 3, 4 ou 5) da torre de fracionamento é obtida cada uma dessas frações.

a) Nome do processo de separação de misturas pelo qual são obtidas

as frações do petróleo: destilação fracionada.

Propriedade específica das substâncias na qual se baseia esse processo:

temperatura de ebulição.

b) As posições da torre de fracionamento com as respectivas frações

obtidas são:

1 – gás liquefeito de petróleo (GLP);

2 – gasolina;

3 – querosene;

4 – óleo diesel;

5 – óleo combustível.

**6. UPE** – Leia os versos da letra da música transcrita a seguir.

#### MOVIDO A ÁGUA

Existe o carro movido a gasolina, existe o carro movido a óleo diesel,

Existe o carro movido a álcool, existe o carro movido a eletricidade,

Existe o carro movido a gás de cozinha.

Eu descobro o carro movido a água, eu quase, eu grito, eureka, eureka, eurico

Aí saquei que a água ia ficar uma nota e os aúdes iam tudo ceará

Os rios não desaguardiam mais no mar, nem o mar mais virar sertão.

Nem o sertão mais virar mar.

Banho? Nem de sol.

Chamei o anjo e devolvi a descoberta para o infinito

Aleguei ser um invento inviável, só realizável por obra e graça do Santo Espírito.

Agora eu tô bolando um carro movido a bagulhos, dejetos, restos, fezes,

Detritos, fezes, três vezes estrume, um carro de luxo movido a lixo,

Um carro pra sempre movido a bosta de gente.

ASSUMPCÃO, I. Movido a água. *Sampa midnight*: isso não vai ficar assim. São Paulo: Independente, 1986. 1 CD. Faixa 4. Adaptado.

O combustível imaginado para viabilizar o invento proposto nesses versos é a(o)

a)  $H_2O$ .

b)  $CH_3CH_2OH$ .

**c)  $CH_4$ .**

d)  $CH_3(CH_2)_2CH_3$ .

e) mistura de  $C_8H_{18}$ .

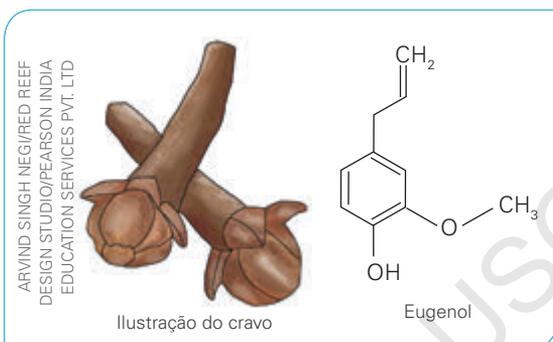
O combustível imaginado para viabilizar o invento proposto nesses versos é o metano ( $CH_4$ ), conhecido como "gás do lixo", oriundo da decomposição de compostos orgânicos.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. UEMG** – Os casos de dengue aumentaram muito no ano de 2015. Segundo o Ministério da Saúde, em janeiro de 2015, houve um aumento de 57% dos casos com relação ao mesmo mês de 2014. Um dos motivos para esse grande aumento é a crise hídrica, que atinge principalmente a região Sudeste. Com a redução do abastecimento, muitas pessoas estão acumulando água em baldes e caixas d'água, o que favorece a proliferação do mosquito transmissor da dengue, o *Aedes aegypti*. Além de nos prevenirmos cuidando da água, podemos nos proteger fazendo um repelente caseiro. A receita é:

- 500 mL de álcool de cereais;
- 40 g de cravo;
- 50 mL de óleo corporal.

Agite de manhã e à noite durante quatro dias, para ajudar na dissolução do princípio ativo presente dentro da casca do cravo. O princípio ativo presente no cravo é o eugenol, substância representada a seguir.



Considere as informações contidas no texto e as propriedades do eugenol e julgue as afirmativas a seguir.

- I. A solubilidade do eugenol é maior em álcool do que em água.
- II. O óleo é inserido na composição do repelente para aumentar a volatilidade da substância.
- III. O eugenol apresenta uma estrutura aromática e funções álcool e éter.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s)

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

**8. Estácio-RJ** – Ao se fazer a substituição do hidrogênio da hidroxila do etanol pelo radical etila, obtém-se um composto do tipo

- a) álcool.
- b) éter.
- c) fenol.
- d) enol.
- e) hidróxido.

**9. IFPE** – O petróleo é uma mistura de várias substâncias, que podem ser separadas por um método adequado. A gasolina, o querosene e o óleo diesel são algumas das frações do petróleo.



Analise cada alternativa a seguir e indique a única verdadeira.

- a) A gasolina vendida em Recife é de excelente qualidade por ser considerada uma substância pura.
- b) A combustão completa da gasolina libera um gás que contribui para o aquecimento global.
- c) O petróleo é inesgotável e é considerado um material renovável.
- d) Um determinado aluno deixou cair acidentalmente 1 litro de gasolina dentro de um aquário contendo 8 litros de água e verificou a formação de um sistema homogêneo.
- e) O processo de extração do petróleo através da plataforma marítima é totalmente seguro. Não se tem conhecimento, até hoje, de nenhum acidente que tenha causado danos aos seres vivos.

**10. UEM-PR** – Assinale o que for correto.

- 01) O gás liquefeito de petróleo (GLP) é uma das primeiras frações a serem obtidas no processo de destilação fracionada, sendo composto por hidrocarbonetos de cadeia longa ( $C_{18} - C_{25}$ ).
- 02) Uma das teorias mais aceitas atualmente para a origem do petróleo admite que ele veio a se formar a partir de matéria orgânica.
- 04) O petróleo é um óleo normalmente escuro, formado quase que exclusivamente por hidrocarbonetos. Além dos hidrocarbonetos, há pequenas quantidades de substâncias contendo nitrogênio, oxigênio e enxofre.
- 08) O craqueamento catalítico converte óleos de cadeia grande em moléculas menores, que podem ser usadas para compor, entre outros produtos, a gasolina.
- 16) A ramificação das cadeias carbônicas dos compostos que formam a gasolina não é algo desejável, uma vez que isso diminui a octanagem do combustível.

Dê a soma das afirmativas corretas.

---



---



---



---

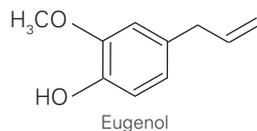


---

11. **UCB-DF** – Uma das discussões ambientais atuais está ligada à matriz energética mundial. Atualmente, o petróleo é uma das grandes fontes de energia para a humanidade, mas a combustão dos respectivos produtos acarretou o crescimento exacerbado da concentração de dióxido de carbono na atmosfera. Acerca da química do petróleo, bem como das propriedades químicas e físicas da combustão, assinale a alternativa correta.

- A gasolina, um dos produtos da destilação fracionada do petróleo, é uma substância utilizada como combustível.
- A combustão do diesel é um fenômeno físico exotérmico.
- A combustão de um material como a gasolina é um exemplo de reação química exotérmica.
- O aumento da concentração de dióxido de carbono pode ser facilmente e rapidamente revertido pelo homem, bastando a utilização de maior quantidade de energia de fontes hidrelétrica e nuclear.
- O efeito estufa é um fenômeno nocivo à manutenção da vida no planeta.

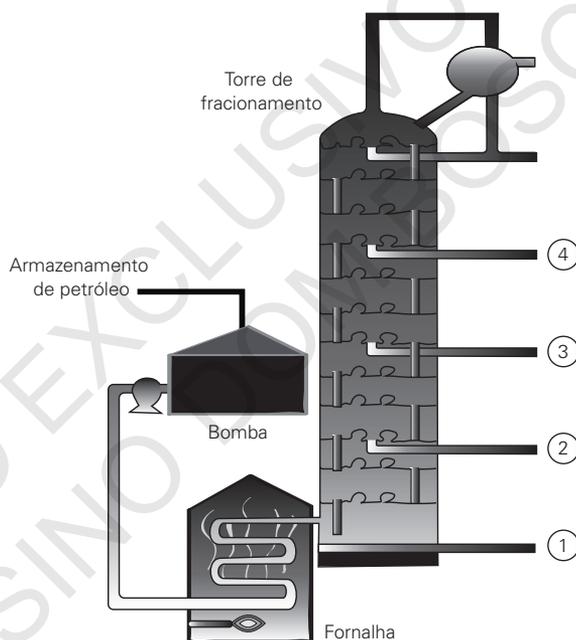
12. **Unifeso-RJ** – Devido às comprovadas propriedades antissépticas, o óleo extraído do cravo-da-índia possui largo emprego como matéria-prima na indústria farmacêutica, cosmética e odontológica. A molécula do eugenol, composto orgânico que é o principal componente desse óleo, contém, além do grupo funcional característico dos fenóis, um grupamento característico de outra função orgânica, como se observa na representação estrutural a seguir.



Essa outra função orgânica é denominada

- éster.
- cetona.
- aldeído.
- éter.
- amina.

13. **UFRN** – O Rio Grande do Norte é o maior produtor de petróleo do Brasil em terra. O petróleo bruto é processado nas refinarias, para separar seus componentes por destilação fracionada. Esse processo é baseado nas diferenças das temperaturas de ebulição das substâncias relativamente próximas. A figura a seguir representa o esquema de uma torre de destilação fracionada para o refinamento do petróleo bruto. Nela, os números de 1 a 4 indicam as seções nas quais as frações do destilado são obtidas. Na tabela abaixo da figura, são apresentadas características de algumas das frações obtidas na destilação fracionada do petróleo bruto.



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

Para a análise da qualidade da destilação, um técnico deve coletar uma amostra de querosene na torre de destilação. Essa amostra deve ser coletada

- na seção 3.
- na seção 2.
- na seção 1.
- na seção 4.

14. **Unitau-SP** – A queima de combustíveis, como gasolina, álcool e diesel, por veículos automotores e atividades

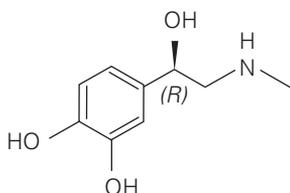


## ESTUDO PARA O ENEM

## 18. IFMT

C5-H17

A adrenalina é produzida pela glândula suprarrenal, que se localiza sobre os rins. Esse hormônio tem grande correlação com o sistema nervoso simpático. Quando o organismo passa por uma situação de estresse alto, estresse e cansaço físico, nervosismo, hipoglicemia, jejum prolongado, hemorragias etc., há um estímulo à produção de adrenalina, que atua principalmente nos órgãos periféricos, provocando dilatação da pupila, taquicardia, tremores, sudoreses etc. como reações de “fuga”. A figura a seguir representa a fórmula química da adrenalina, em que R = H (hidrogênio).



Disponível em: <<https://www.infoescola.com/hormonios/adrenalina/>>.

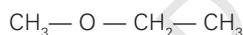
Quais funções orgânicas representadas pela hidroxila estão presentes na molécula de adrenalina?

- |                   |                  |
|-------------------|------------------|
| a) Fenol e álcool | d) Álcool e enol |
| b) Fenol e enol   | e) Fenol e éter  |
| c) Éter e álcool  |                  |

## 19. UEA-AM

C5-H17

Considere o álcool isopropílico, empregado em muitos produtos utilizados para a limpeza de equipamentos eletrônicos, como telas de TV, monitores e celulares. O álcool isopropílico é isômero do composto cuja fórmula estrutural está representada a seguir. A nomenclatura do composto é



- da propanona.
- do propanal.
- do éter metilético.
- do propano.
- da isopropilamina.

## 20. IFBA

C7-H25

O gás de cozinha contém GLP (gases liquefeitos de petróleo), uma mistura constituída, basicamente, por 50% em volume de butano,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , e 50% em volume de propano,  $\text{C}_3\text{H}_8$ . Obtém-se o GLP em uma das etapas iniciais do refino do petróleo, a destilação, e uma forma de armazená-lo é em botijões que devem ser comercializados, manuseados e utilizados respeitando-se algumas normas de segurança.

A destilação permite a separação de várias frações de hidrocarbonetos constituintes do petróleo. Dessa forma, ao levar em conta as propriedades dos compostos e das misturas, bem como o processo de separação das frações do petróleo, pode-se afirmar que:

- a destilação do petróleo, à pressão atmosférica, permite separar os hidrocarbonetos através de um processo químico.
- as forças intermoleculares predominantes nos hidrocarbonetos saturados do petróleo são do tipo dispersão de London.
- devido à alta concentração de eletrólitos na água do mar, esta solubiliza o petróleo em maior proporção que a água pura.
- as frações de destilado que contêm o butano e o propano são obtidas com destilação à pressão reduzida do petróleo.
- o propano e o 2-metilpropano são gases à temperatura ambiente, sendo que o 2-metilpropano tem maior momento de dipolo, devido à ramificação da cadeia carbônica.

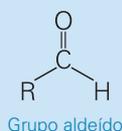
# FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS: ALDEÍDO, CETONA, ÁCIDO CARBOXÍLICO E SAIS DE ÁCIDO CARBOXÍLICO

## 4

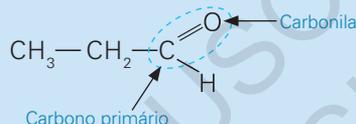
### Aldeído

Os aldeídos podem ser considerados derivados dos hidrocarbonetos pela substituição de dois átomos de hidrogênio por um oxigênio, resultando no grupo funcional

**aldoxila**, ou seja, grupo **carbonila** ( $-\text{C}=\text{O}$ ), ligado diretamente a um H ( $-\text{C}-\text{H}$ ). Genericamente, um aldeído é representado por  $\text{R}-\text{CHO}$ , sendo **R** um radical alquila. Veja:



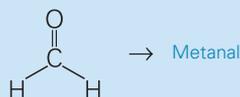
O carbono do grupo funcional deve ser classificado como primário (o grupo carbonila está sempre na extremidade da cadeia carbônica). Esse agrupamento pode ser simplificado, sendo simbolizado por  $-\text{CHO}$ .



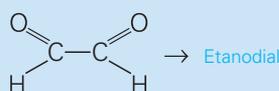
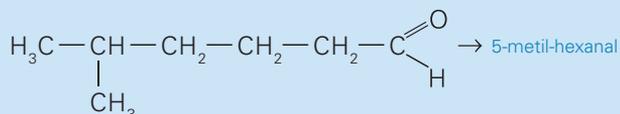
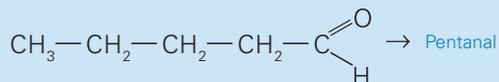
### NOMENCLATURA

O sistema de nomenclatura da IUPAC atribui o sufixo característico "al" a aldeídos. A cadeia principal deve ser a mais longa possível e apresentar o grupo funcional que sempre tem seu carbono como o de número 1, e esse número não deve ser incluído no nome do composto. Assim, mesmo em cadeias ramificadas, começa-se a numeração pela extremidade que contém o grupo funcional.

**Prefixo + intermediário + al**



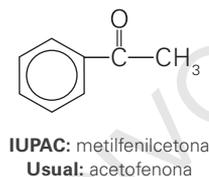
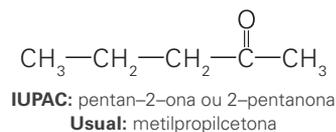
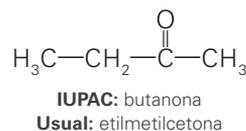
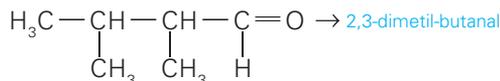
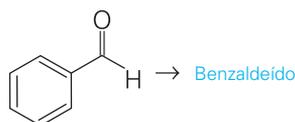
Esse é o aldeído mais conhecido, também chamado de **formol** ou **formaldeído**. É usado na medicina, como conservador de cadáveres, e na fabricação de medicamentos e explosivos. Também é comum ser empregado em produtos de beleza.



- Reconhecimento dos grupos funcionais de aldeídos e cetonas
- Nomenclaturas oficial e usual de aldeídos e cetonas
- Propriedades de aldeídos e cetonas e os principais compostos de cada função orgânica
- Nomenclatura oficial de ácidos carboxílicos
- Propriedades dos ácidos carboxílicos
- Sais de ácido carboxílico
- Nomenclatura oficial dos sais de ácido carboxílico
- Propriedades dos sais de ácido carboxílico

### HABILIDADES

- Identificar fórmulas estruturais de aldeídos e cetonas.
- Nomear os compostos orgânicos aldeídos e cetonas de acordo com as normas da IUPAC (nomenclatura oficial)
- Identificar funções orgânicas por meio da nomenclatura IUPAC e/ou da fórmula estrutural: ácidos carboxílicos e sais de ácidos.
- Compreender as regras da IUPAC para a nomenclatura de compostos orgânicos ácidos carboxílicos e dos sais de ácidos carboxílicos.
- Compreender e interpretar a nomenclatura e as propriedades físicas dos ácidos carboxílicos e dos sais de ácidos carboxílicos.



## PROPRIEDADES

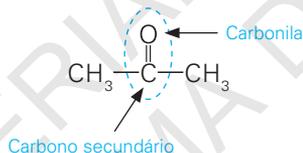
Os aldeídos são de configuração polar. Suas moléculas unem-se por forças dipolo-dipolo, sendo então hidrossolúveis, porém com eficiência menor em relação aos álcoois correspondentes, porque realizam ligações de hidrogênio com água em intensidade menor. Apresentam também menores temperaturas de fusão e ebulição que os álcoois, pois não fazem ligações de hidrogênio entre si.

A solução aquosa do metanal cria o formol – produto tóxico e volátil usado para embalsamar e conservar cadáveres e peças anatômicas. O etanal (acetaldeído) é considerado um dos agentes responsáveis pela ressaca. Sabe-se existir um número muito grande de complexas alterações fisiológicas no organismo que se depara com níveis anormalmente altos de etanol. Alterações do estado de consciência, desequilíbrio ácido, desidratação decorrem de intoxicação por excesso de álcool.

## Cetona

As cetonas são compostos obtidos pela oxidação de um álcool secundário que é caracterizado, assim como os aldeídos, pela presença do grupo carbonila

() como grupo funcional, mas está entre dois grupos orgânicos, ou seja, as alquilas R—CO—R' ou arilas Ar—CO—Ar'. O carbono do grupo funcional deve ser classificado como secundário.

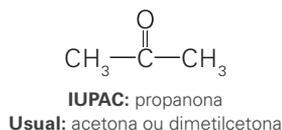


## NOMENCLATURA IUPAC

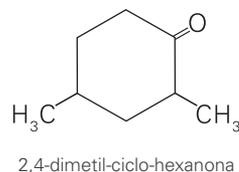
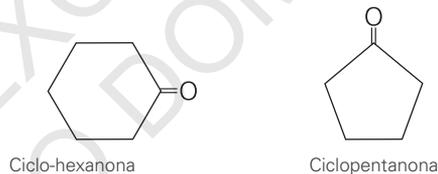
Para as cetonas, o sufixo é "ona". A cadeia principal é a mais longa e a que possui a carbonila. Como de praxe, a numeração é iniciada pela da extremidade mais próxima do grupo funcional.

**Prefixo + intermediário + ona**

Na nomenclatura usual, os radicais são nomeados em ordem alfabética.



Os compostos cíclicos com grupos carbonila que fazem parte do anel têm nomes idênticos aos dos compostos acíclicos, mas antecidos do prefixo **ciclo**. Na numeração do anel, deve-se atribuir o localizador 1 ao carbono carbonílico.



### Observação

Acetona – propanona: usada principalmente como solvente industrial e intermediário na produção química. Dada a baixa polaridade, serve como solvente de esmaltes, tintas e vernizes. É empregada, também, na extração de óleos e essências e na fabricação de produtos farmacêuticos.

## PROPRIEDADES

Cetonas são moléculas mais polares que aldeídos correspondentes, logo têm temperaturas de fusão e ebulição mais elevadas. Cetonas com até doze átomos de carbono, à pressão e temperatura ambientes, são líquidas. Cetonas alifáticas com até seis carbonos são solúveis em água, sendo encontradas em óleos e essências de flores e frutos.

## Método de diferenciação de compostos orgânicos

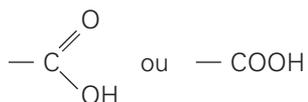
Aldeídos e cetonas podem ser diferenciados pela utilização dos reativos de Tollens ou Fehling.

Na presença do reativo de Tollens (solução amoniacal de nitrato de prata), os aldeídos formam um precipitado de prata, e as cetonas não. Essa reação é utilizada na fabricação de espelhos.

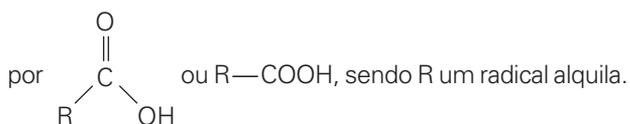
Na presença do reativo de Fehling (solução azul de sulfato de cobre II em meio básico), os aldeídos formam um precipitado vermelho de óxido cuproso, e as cetonas não.

## ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

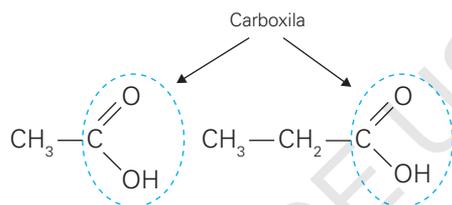
Os ácidos carboxílicos podem ser considerados derivados dos hidrocarbonetos pela substituição de três átomos de hidrogênio por um oxigênio e um grupo hidroxila, resultando no grupo funcional característico dos ácidos carboxílicos, a **carboxila**:



Genericamente, um ácido carboxílico é representado



### Exemplos

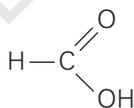


## Nomenclatura oficial

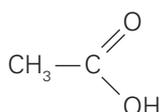
A nomenclatura é sempre iniciada pelo termo "ácido" e contém a terminação (sufixo) "oico". A cadeia principal é a mais longa e possui a carboxila. O carbono 1 da cadeia é o carbono do grupo carboxila.

### Ácido + prefixo + intermediário + oico

#### Exemplos

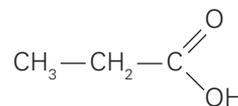


**Ácido metanoico** (ácido fórmico): muito volátil que, por oxidação, pode formar ácido carbônico; é encontrado em algumas espécies de formiga (do latim: *formica*).

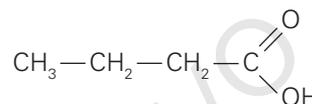


**Ácido etanoico** (ácido acético): de sabor azedo;

sua solução aquosa forma um produto comercialmente denominado vinagre (do latim: *acetum* = azedo).

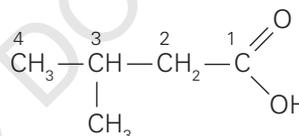


**Ácido propanoico** (ácido propiônico): usado na indústria de alimentos, para evitar o amarelamento do pão (do grego: *pro* = primeiro; *pion* = gordura).

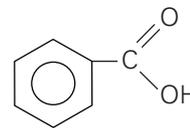


**Ácido butanoico** (ácido butírico): encontrado na manteiga rançosa e no queijo envelhecido; usado na indústria alimentícia, para dar sabor e aroma de queijo aos alimentos; encontrado também no odor dos pés (do inglês: *butter* = manteiga).

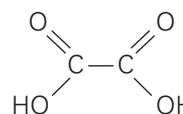
Para cadeias insaturadas e/ou ramificadas, deve-se iniciar sua numeração pelo carbono do grupo funcional.



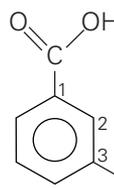
Ácido 3-metil-butanoico



Ácido benzoico  
ou ácido fenil-metanoico



Ácido etanodioico ou ácido oxálico

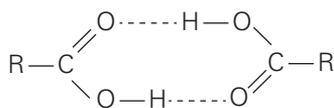


Ácido 3-metilbenzoico  
ou  
ácido meta-metilbenzoico  
ou  
ácido m-metilbenzoico

## Propriedades

Os ácidos apresentam o grupo —COOH na estrutura, por isso se relacionam mediante ligações de hidrogênio, característica que lhes confere elevadas temperaturas de fusão e ebulição, além do fato de serem preferencialmente solúveis em água.

Na verdade, os ácidos carboxílicos constituem dímeros – duas moléculas iguais associadas.



Ligação de hidrogênio intermolecular

Assim como nos álcoois, quanto maior a cadeia carbônica agregada ao grupo funcional, maior a característica não polar da estrutura e, conseqüentemente, menor a solubilidade em água.

São ácidos fracos (ionizam-se parcialmente).



O ácido fórmico é o mais forte dos ácidos carboxílicos. Eles reagem com as bases, formando sais orgânicos. Os sais que se formam geralmente são solúveis em água.

A seguir, é apresentada a tabela de solubilidade dos ácidos carboxílicos.

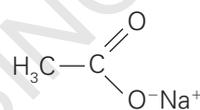
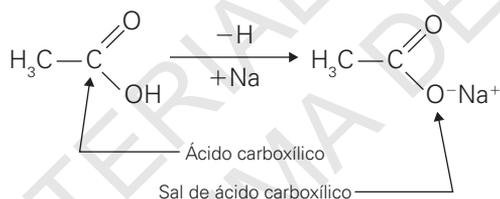
### Propriedades físicas de alguns ácidos carboxílicos saturados de cadeia linear

| Fórmula  | TF (°C) | TE (°C) | Solubilidade (g/100 g H <sub>2</sub> O) |
|--|---------|---------|---|
| HCO <sub>2</sub> H                                   | 8,4     | 101     | ∞*                                      |
| CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> H                    | 17      | 118     | ∞                                       |
| CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH                 | -22     | 141     | ∞                                       |
| CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH | -8      | 164     | ∞                                       |
| CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH | -35     | 187     | 4,97                                    |
| CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH | -3      | 205     | 1,08                                    |
| CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> COOH | -8      | 223     | 0,24                                    |

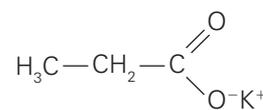
\* Solúvel em qualquer proporção

### SAIS DE ÁCIDO CARBOXÍLICO

São compostos que derivam dos ácidos carboxílicos pela substituição do hidrogênio da **hidroxila (-OH)** por metal.



Etanoato de sódio ou acetato de sódio



Propanoato de potássio

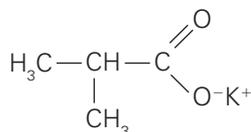
### Propriedades

Como todos os sais, são sólidos cristalinos, com altas temperaturas de fusão e ebulição, e não voláteis. Sais de ácidos carboxílicos de cadeia longa (derivados de ácidos graxos, com 12 ou mais carbonos na cadeia principal) são denominados sabões. Estes consistem em compostos de caráter anfifílico, ou seja, apresentam uma parte hidrofóbica (cadeia carbônica) e uma parte hidrofílica (parte iônica do sabão).

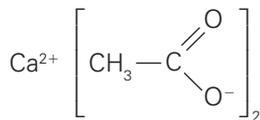
### Nomenclatura oficial

A denominação dos sais dos ácidos monocarboxílicos forma-se por meio dos nomes dos ácidos correspondentes, substituindo-se o sufixo **ico** por **ato**, seguindo-se o nome do cátion (metal).

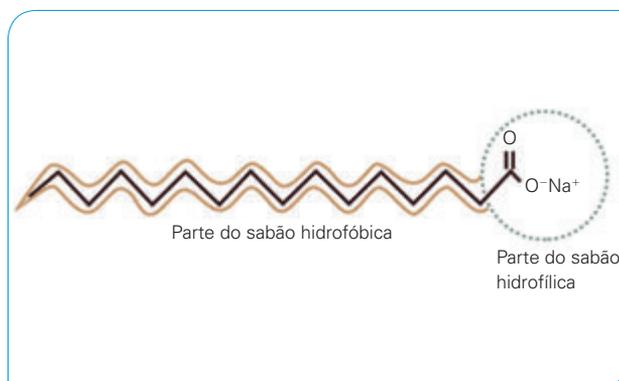
#### Exemplos



2-metilpropanoato de potássio



Etanoato de cálcio ou acetato de cálcio



## ROTEIRO DE AULA

**FUNÇÕES ORGÂNICAS  
OXIGENADAS:  
ALDEÍDO E CETONA**

**Carbonila ligada  
a hidrogênio**

Aldeído

Exemplo

**Carbonila como grupo  
funcional, mas  
entre dois grupos  
orgânicos, ou seja,  
alquilas.**

Cetona

Exemplo

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

# ROTEIRO DE AULA

## FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS

Grupo funcional carboxila

Ácido carboxílico

Exemplo

Carbonila ligado a metal

Sal de ácido carboxílico

Exemplo

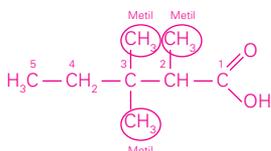
Reação de neutralização:

Exemplo

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **Cederj** – A função orgânica é um conjunto de compostos que possuem propriedades químicas semelhantes. Dentro de cada função, a nomenclatura dos compostos segue regras aceitas internacionalmente pela IUPAC. Em conformidade com essas exigências, o nome oficial para o  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$  é

- a) ácido 2,3-dimetil-butanal.  
**b) ácido 2,3,3-trimetil-pentanoico.**  
 c) 2,3,3 trimetil-pental.  
 d) ácido 4-etil-3,5-dimetil-pentanoico.  
 e) ácido octanoico.



Ácido 2,3,3-trimetil-pentanoico

## 2. IFRO

C7-H24

Nas pequenas e grandes propriedades rurais, bodes e cabras apresentam um odor muito desagradável. Os responsáveis por isso são três ácidos que receberam os nomes de: caproico, caprílico e cáprico. Os nomes oficiais desses ácidos são, respectivamente: hexanoico, octanoico e decanoico. Esses ácidos apresentam, em sua estrutura, o grupo funcional

- a) carboxila. **d) aldóxila.**  
 b) hidroxila. **e) amido.**  
 c) carbonila.

Escrevendo as três estruturas, identifica-se o grupo funcional carboxila.



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

## 3. Unitins-TO

C7-H24

A substância conhecida como etanal é a principal responsável pela dor de cabeça que algumas pessoas sentem depois de ingerir bebidas alcoólicas. Qual alternativa representa a fórmula estrutural e a função química da referida substância?

- a)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CHO}$ ; álcool  
 b)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2\text{OH}$ ; aldeído  
 c)  $\text{H}_3\text{C}-\text{HO}$ ; aldeído  
 d)  $\text{H}_3\text{C}-\text{OH}$ ; álcool  
**e)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CHO}$ ; aldeído**

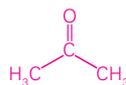
O etanal ou acetaldeído é o aldeído de fórmula estrutural  $\text{H}_3\text{C}-\text{CHO}$ .

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

4. **UCSal-BA** – A acetona é um composto carbonílico com três átomos de carbono e cadeia saturada. Sua fórmula molecular é

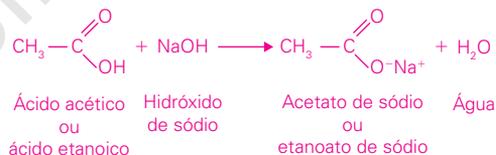
- a)  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$**   
 b)  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$   
 c)  $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}$   
 d)  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$   
 e)  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$



Acetona é o nome usual da propanona (IUPAC), que possui fórmula  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ .

5. **Unifor-CE (adaptado)** – Reações de neutralização são caracterizadas pela reação química entre um ácido, capaz de ionizar-se, produzindo um ou mais cátions hidrônios  $\text{H}_3\text{O}^+$ , e uma base, capaz de dissociar-se liberando um ou mais ânions hidroxila  $\text{OH}^-$ , gerando, como produtos, um sal e água. Uma amostra contendo ácido etanoico, suposto completamente dissociado, é neutralizada com uma solução aquosa de NaOH.

Com base nas informações, indique a fórmula estrutural do sal formado e sua nomenclatura oficial (IUPAC).




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

6. **Uece** – A glicose e a frutose são as substâncias responsáveis pelo sabor doce do mel e das frutas. São isômeros, de fórmula  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Na digestão, a frutose é transformada em glicose, substância capaz de gerar



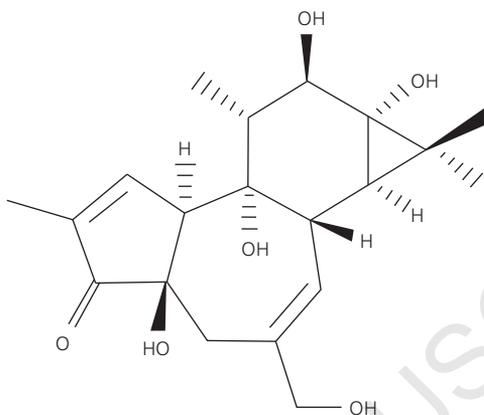
## 9. FMP-RJ

## ÁRVORE DA MORTE

Esse é um dos seus nomes conhecidos, usado por quem convive com ela. Seus frutos, muito parecidos com maçãs, são cheirosos, doces e saborosos. Também é conhecida como mancenilheira da areia – mas “árvore da morte” é o apelido que melhor escreve a realidade. Sua seiva leitosa contém forbol, um componente químico perigoso, e, só de encostar-se à árvore, a pele pode ficar horrivelmente queimada. Refugiar-se debaixo dos seus galhos durante uma chuva tropical também pode ser desastroso, porque até a seiva diluída pode causar uma erupção cutânea grave.

Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2016/06/a-arvore-da-morte-a-mais-perigosa-do-mundo-segundo-o-livro-dos-recordes.html>>. Acesso em: 18 jul. 2016. Adaptado.

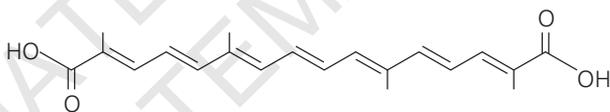
Considere a fórmula estrutural do forbol representada a seguir.



Uma das funções orgânicas e o nome de um dos grupos funcionais presentes em sua molécula são, respectivamente,

- a) fenol e carbonila.
- b) cetona e carboxila.
- c) aldeído e hidroxila.
- d) álcool e carboxila.
- e) álcool e carbonila.

10. PUC-RJ – A seguir, está representada a estrutura da crocetina, uma substância natural encontrada no açúcar.

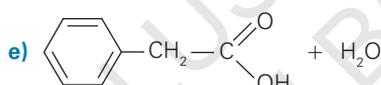
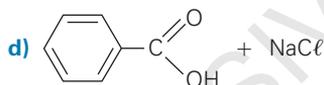
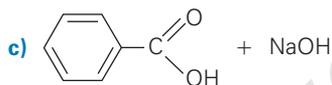
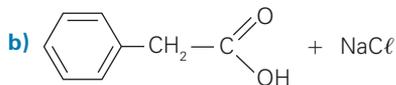
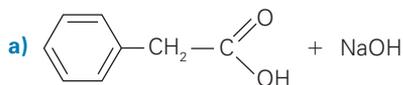


Nessa estrutura, está presente a seguinte função orgânica:

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

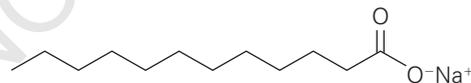
11. Uniube-MG – Na indústria alimentícia, é comum designarem-se os aditivos de alimentos por meio de códigos, formados geralmente por letras e algarismos romanos. Quando aparece, no rótulo de um produto alimentício, a indicação “contém conservante P.I.”, isso

significa que há benzoato de sódio, um sal orgânico. Os reagentes que representam corretamente a reação de obtenção desse sal são



12. PUC-RS (adaptado) – Analise o texto a seguir.

O sabão é um dos produtos químicos de maior importância no cotidiano. É produzido por meio de óleos e gorduras de origem vegetal ou animal e, na maioria das vezes, constitui-se dos sais de sódio ou potássio derivados de ácidos graxos. A estrutura a seguir é típica de sabões.



Embora o sabão seja muito solúvel em meio aquoso, é possível diminuir sua solubilidade. Forneça o nome da estrutura segundo as regras da IUPAC.

---



---



---



---

13. UEMA – A bactéria anaeróbia *Clostridium botulinum* é um habitante natural do solo, que se introduz nos alimentos enlatados mal preparados e provoca o botulismo. Ela é absorvida no aparelho digestivo e, cerca de 24 horas após a ingestão do alimento contaminado, começa a agir sobre o sistema nervoso periférico, causando vômitos, constipação intestinal, paralisia ocular e afonia. Uma medida preventiva contra esse tipo de intoxicação é não consumir conservas alimentícias que apresentem a lata estufada e odor de ranço, devido à formação da substância CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH.

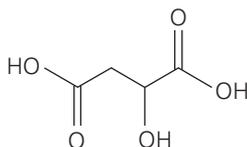
O composto químico identificado no texto é classificado como

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

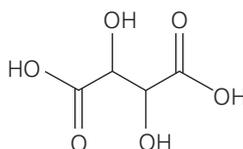
**14. UFJF-MG (adaptado)** – Os ácidos a seguir estão presentes em alimentos de forma artificial e natural. A indústria alimentícia utiliza ácido málico na composição de geleias, marmeladas e bebidas de frutas. O ácido tartárico é utilizado pela indústria de alimentos na produção de fermentos. Já o ácido fumárico é empregado como agente flavorizante de sobremesas e para proporcionar ação antioxidante.

Forneça o nome IUPAC dos seguintes ácidos.

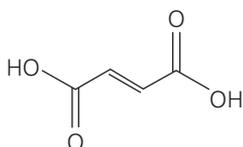
Ácido málico



Ácido tartárico



Ácido fumárico




---

---

---

---

---

---

---

---

**15. Uece** – As cetonas são encontradas na natureza, em flores e frutos. Em geral, são líquidos de odor agradável. Muitas cetonas artificiais e naturais são usadas como perfumes e alimentos. Algumas são substâncias medicinais, como os compostos cetônicos da urina. No que diz respeito às cetonas, é correto afirmar que

- são compostos orgânicos caracterizados pela presença do grupamento ( $\text{—CHO}$ ).
- são formadas por uma hidroxila.
- a nomenclatura desses compostos é fundamentada na nomenclatura dos hidrocarbonetos, apenas trocando o sufixo “o” por “al”.
- hexan-3-ona:  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CO—(CH}_2)_2\text{—CH}_3$  é exemplo de uma cetona.

**16. FMJ-SP (adaptado)** – O diacetil, também denominado de butan-2,3-diona, é usado como aromatizante sabor

manteiga na fabricação de alimentos, como a pipoca de micro-ondas sabor manteiga. Uma pesquisa recente aponta que esse composto pode aumentar o risco da doença de Alzheimer. Represente a fórmula estrutural desse composto.

---

---

---

---

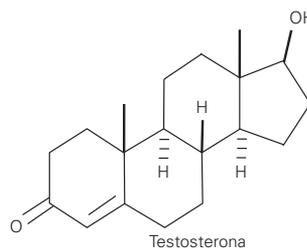
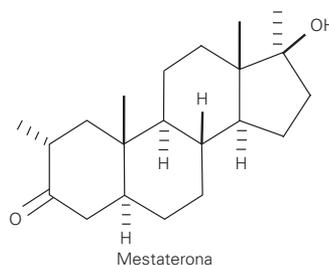
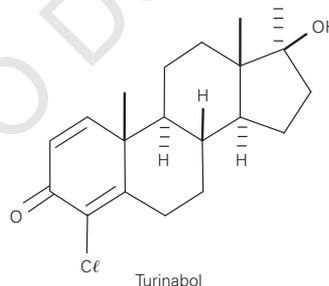
---

---

---

---

**17. UFPR** – Poucos meses antes das Olimpíadas Rio 2016, veio a público um escândalo de *doping* envolvendo atletas da Rússia. Entre as substâncias anabolizantes supostamente utilizadas pelos atletas envolvidos estão o turinabol e a mestaterona. Esses dois compostos são, estruturalmente, muito similares à testosterona e utilizados para o aumento da massa muscular e a melhora do desempenho dos atletas.



Quais funções orgânicas oxigenadas estão presentes em todos os compostos citados?

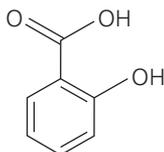
- Cetona e álcool
- Fenol e éter
- Amida e epóxido
- Anidrido e aldeído
- Ácido carboxílico e enol

## ESTUDO PARA O ENEM

## 18. IFPE

C7-H24

O ácido salicílico foi originalmente descoberto devido às suas ações antipirética e analgésica. Porém, descobriu-se, depois, que esse ácido pode ter uma ação corrosiva nas paredes do estômago. Para contornar esse efeito, foi adicionado um radical acetil à hidroxila ligada diretamente ao anel aromático, dando origem a um éster de acetato, chamado de ácido acetilsalicílico (AAS), menos corrosivo, mas, também, menos potente.



A estrutura química do ácido salicílico, representada anteriormente, apresenta

- funções orgânicas fenol e ácido carboxílico.
- um carbono com hibridação  $sp^3$ .
- funções orgânicas éster e álcool.
- fórmula molecular  $C_6H_2O_3$ .
- funções orgânicas fenol e álcool.

## 19. IFMT

C7-H24

São várias as pesquisas que revelaram a eficácia dos óleos essenciais para atuar no controle de mosquitos vetores no Brasil – em especial o *Aedes aegypti*, transmissor da dengue, da febre chikungunya e do vírus zika. Os estudos analisaram extratos vegetais e óleos essenciais das plantas no intuito de sintetizar as chamadas nano emulsões, misturas complexas de terpenos, ésteres, éteres, álcoois, fenóis, aldeídos, óxidos, cetonas e ácidos carboxílicos, entre outros – com princípios ativos capazes de matar larvas de mosquito ou afastar picadas de inseto. Os óleos essenciais têm, na sua composição, terpenos, ésteres, éteres, álcoois, fenóis, aldeídos, óxidos, cetonas e ácidos orgânicos, entre outros. A estrutura a seguir faz parte dos componentes do óleo essencial de citronela.



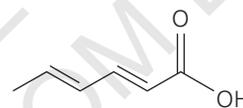
A estrutura do composto

- é formada por seis átomos de carbono primário.
- é constituída por quatro átomos de carbono insaturados.
- apresenta grupo funcional ácido carboxílico.
- tem o nome 3,7-dimetil-oct-6-enal, segundo a IUPAC.
- é formada por vinte e sete ligações  $\pi$  ( $\pi$ ) e duas ligações  $\sigma$  ( $\sigma$ ).

## 20. EBMSP-BA

C7-H24

O ácido sórbico, composto orgânico sólido pouco solúvel em água e representado pela estrutura química, e o sorbato de potássio, um dos seus derivados, são utilizados como conservantes na indústria de alimentos, porque inibem a formação de micro-organismos em derivados de leite, cremes, sucos de frutas, geleias, enlatados, pescados e embutidos, e preservam a cor vermelha em carnes.



Ácido sórbico

Com base nessas informações e na análise da estrutura do ácido sórbico, é correto afirmar:

- O sorbato de potássio é representado pela fórmula  $C_6H_7O_2K$ .
- A solubilidade do ácido sórbico em água é maior do que a do sorbato de potássio.
- O átomo de carbono que forma a carbonila utiliza orbitais híbridos de geometria tetraédrica.
- A estrutura química do ácido sórbico é representada por uma cadeia carbônica heterogênea e saturada.
- O composto obtido na hidrogenação das ligações duplas na cadeia carbônica do ácido sórbico é o ácido pentanoico.

# FUNÇÃO ORGÂNICA OXIGENADA: ÉSTER - E NITROGENADAS: AMINA E AMIDA

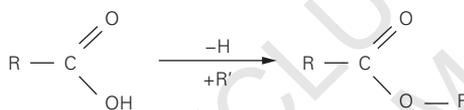
- Função oxigenada éster
- Nomenclatura de éster
- Reação de obtenção dos ésteres
- Propriedade dos ésteres
- Funções nitrogenadas: amina e amida
- Nomenclatura das aminas e amidas
- Propriedade das aminas
- Caráter básico das aminas

## HABILIDADES

- Relacionar nomes de compostos orgânicos com suas fórmulas estruturais e vice-versa.
- Utilizar códigos e nomenclaturas da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.
- Reconhecer as funções nitrogenadas amina e amida, distinguindo-as.
- Relacionar nomes de compostos orgânicos com suas fórmulas estruturais e vice-versa.
- Utilizar códigos e nomenclaturas da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

## Grupo funcional

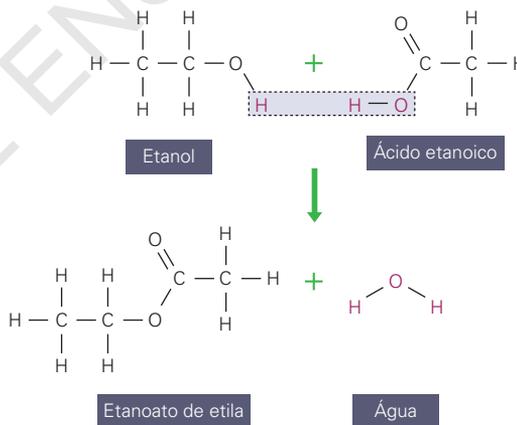
Os ésteres são derivados de ácidos carboxílicos. O ácido carboxílico contém o grupo  $\text{—COOH}$ , em que o átomo de hidrogênio do grupo OH é trocado por um substituinte orgânico (R).



Sua obtenção dá-se por meio da reação de esterificação, ou seja, reação entre um ácido carboxílico e um álcool. A reação inversa é chamada de hidrólise.

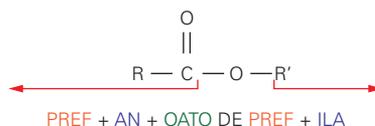


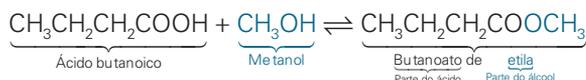
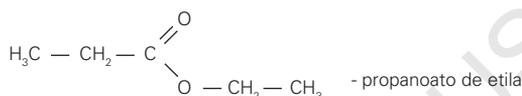
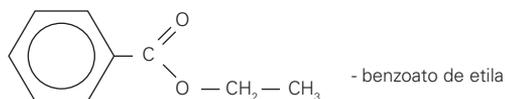
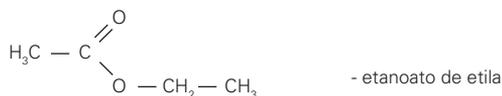
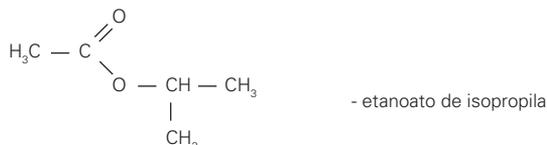
## Exemplo



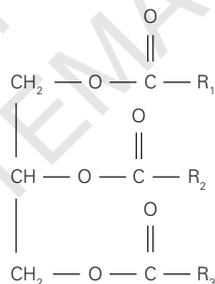
## NOMENCLATURA

A nomenclatura IUPAC segue a seguinte regra:



**Exemplo****Outros exemplos****PROPRIEDADES**

Os ésteres de baixa massa molar são líquidos incolores, nas condições ambientes, de cheiro agradável. Conforme aumenta sua massa molar, eles passam ao estado oleoso até chegarem ao estado sólido, ocorrendo, assim, a perda do cheiro agradável.

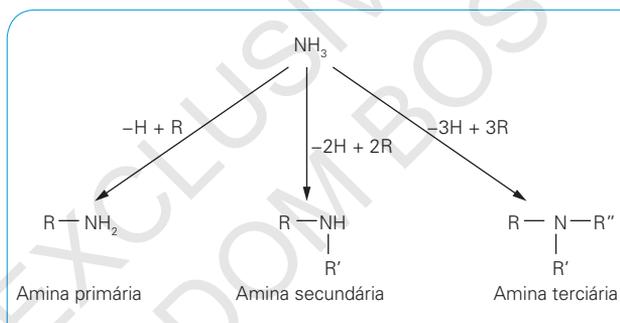


Molécula de óleo ou gordura

Os ésteres são insolúveis em água, no entanto são solúveis em álcool, éter e clorofórmio. Como não são capazes de fazer ligação de hidrogênio entre suas moléculas, apresentam temperaturas de ebulição menores do que os álcoois e os ácidos de mesma massa molecular.

**Funções orgânicas nitrogenadas****Amina**

As aminas contêm uma das principais funções orgânicas nitrogenadas; são substâncias químicas importantes nos processos biológicos, sendo derivadas da amônia (NH<sub>3</sub>), em que pelo menos um átomo de hidrogênio é trocado por um substituinte orgânico (R). As aminas podem ser classificadas em aminas primárias, secundárias e terciárias, dependendo de quantos átomos de hidrogênio foram substituídos.

**NOMENCLATURA**

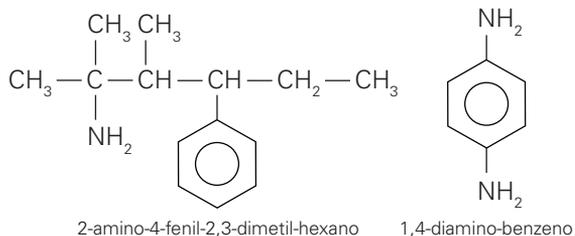
A nomenclatura IUPAC segue a seguinte regra:

Para as aminas primárias, a regra oficial da IUPAC determina que se deve utilizar o padrão **prefixo + saturação + amina** para sua nomenclatura. Porém, para as aminas em geral, também é considerada como "oficial" a regra usual, em que são citados os nomes dos grupos substituintes em ordem alfabética, seguidos da terminação amina.

Veja os exemplos de nomenclatura a seguir.

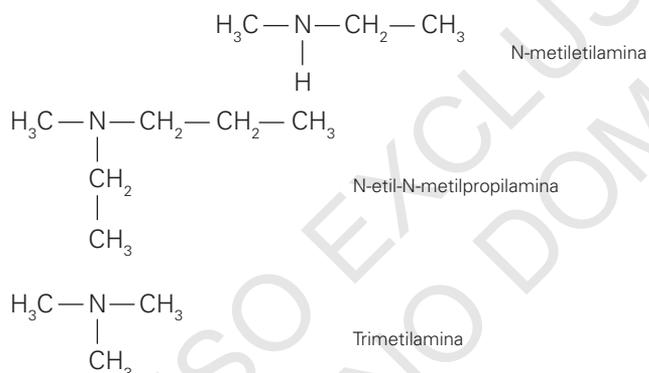
|  | Nomenclatura IUPAC     | Nomenclatura usual                  |
|--|------------------------|-------------------------------------|
| $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H} - \text{N} - \text{H} \end{array}$  | metanamina             | metilamina                          |
| $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \\ \text{H} - \text{N} - \text{H} \end{array}$   | 1-propanamina          | 1-propilamina                       |
| $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{H} - \text{N} - \text{H} \end{array}$   | 2-propanamina          | 2-propilamina                       |
| $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{NH}_2 \quad \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_3 \end{array}$ | 3-etil-1-pentanamina   | 3-etil-1-pentilamina                |
| $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 - \text{N} - \text{H} \end{array}$   | benzenamina ou anilina | fenilamina ou anilina               |
| $\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$  | 2-etil-anilina         | 2-etil-fenilamina ou 2-etil-anilina |

Para aminas mais complexas, considera-se o grupo  $\text{—NH}_2$  como uma ramificação chamada de **amino**.



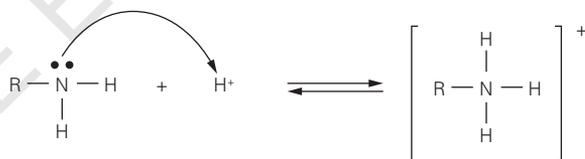
Para aminas secundárias e terciárias, a nomenclatura segue a seguinte regra:

- o grupo mais ligado ao nitrogênio é citado como grupo principal junto com o sufixo amina;
- os outros grupos são citados em ordem alfabética, precedidos da letra N;
- quando os grupos são iguais, podem-se usar os prefixos de quantidade: di e tri.



## PROPRIEDADES

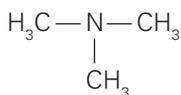
- As aminas podem se comportar como bases de Brønsted (receptora de  $\text{H}^+$ ) ou de Lewis (doadora de par de elétrons), e a ordem de basicidade das aminas é: aromática < terciárias < primárias < secundárias.



- As aminas são liberadas na decomposição de matéria orgânica rica em proteínas, como a putrescina, a cadaverina e a trimetilamina.

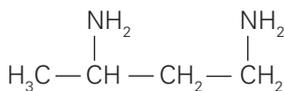
### Exemplos de aminas

trimetilamina

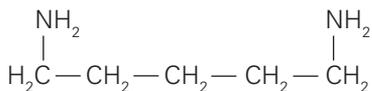


(formada na putrefação de peixes)

putrescina



cadaverina

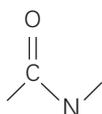


(resulta da putrefação de cadáveres)

- O nitrogênio é um elemento menos eletronegativo que o oxigênio e, em função disso, apresenta ligações covalentes com átomos de hidrogênio (ligações N-H) menos polares que as ligações O-H. Conseqüentemente, as aminas formam ligações intermoleculares do tipo ligações de hidrogênio, porém menos intensas que as dos álcoois com pesos moleculares semelhantes. Com relações intermoleculares mais fracas, é coerente que as aminas apresentem temperaturas de ebulição também mais baixas. Dessa forma, aminas primárias e secundárias, que possuem em suas estruturas a ligação N-H, têm temperaturas de ebulição menores que as dos álcoois, entretanto maiores que as dos éteres de massa molar semelhante. Sem ligações de hidrogênio, as aminas terciárias apresentarão temperaturas de ebulição mais baixas que as das correspondentes aminas primárias e secundárias.

## Amida

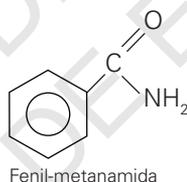
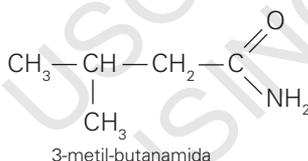
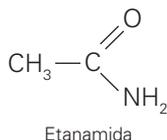
As amidas se caracterizam pela presença do grupo funcional -NCO, representado a seguir.



## NOMENCLATURA

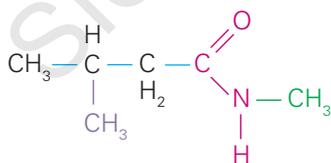
O nome oficial de uma amida não substituída segue o seguinte esquema:

### Prefixo + saturação + amida

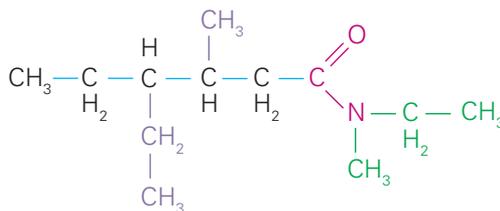


Caso a amida seja substituída, a cadeia mais longa é considerada a principal, e o nome segue as regras anteriores. As demais cadeias são consideradas substituintes, e o nome segue o esquema: **prefixo + il**, precedido da **letra N**, indicando que o substituinte está ligado ao nitrogênio. Os substituintes da cadeia principal são especificados por números. Veja alguns exemplos a seguir.

#### • N-metil-3-metilbutanamida



#### • N, N-etil-metil-4-etil-3-metil-hexanamida



## PROPRIEDADES

Ao contrário das aminas, as amidas são neutras (devido à neutralização intramolecular de uma parte.

# ROTEIRO DE AULA

## ÉSTERES

### Grupo funcional:

desenhar a estrutura

---



---

### Reação de esterificação:

ácido carboxílico + álcool  $\rightleftharpoons$  éster + água

---



---

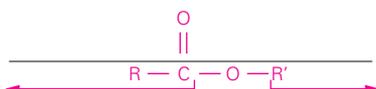
Propriedades

---



---

### Nomenclatura:



PREF + AN + OATO DE PREF + ILA

---



---

**TE menor que dos álcoois e ácidos correspondentes.**

**Sólidos (gordura), óleo e líquidos**

**Insolúveis em água**

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

# ROTEIRO DE AULA

## FUNÇÕES NITROGENADAS

São derivadas da amônia ( $\text{NH}_3$ )

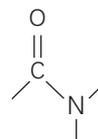
Aminas

Amidas

Primária

Secundária

Terciária



Exemplo

Exemplo

Exemplo

Exemplo

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

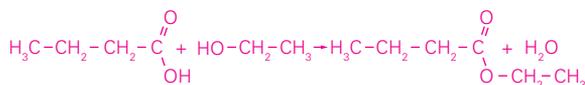


---

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

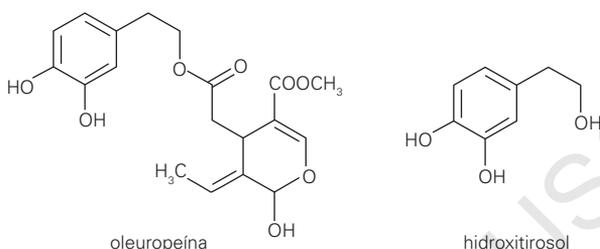
**1. Faceres-SP** – Os flavorizantes são substâncias que, adicionadas a um alimento, conferem-lhe um sabor característico. Dentre os compostos sintéticos, destacam-se os ésteres. O éster que confere o sabor de abacaxi é o butanoato de etila. Para a síntese desse composto, serão necessários

- ácido butanoico e etanal.
- ácido etanoico e etanol.
- ácido butanoico e butanol.
- ácido butanoico e etanol.
- ácido etanoico e butanol.



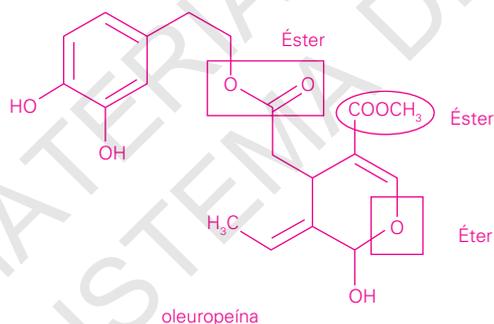
Ácido butanoico                  Etanol                  Butanoato de etila

**2. Fac. Santa Marcelina-SP (adaptado)** – A oleuropeína é o composto fenólico mais abundante presente nas folhas da oliveira. A partir dessa substância, produz-se o hidroxitirosol, um poderoso antioxidante ortodifenólico, responsável por grande parte dos benefícios atribuídos ao azeite de oliva extravirgem.



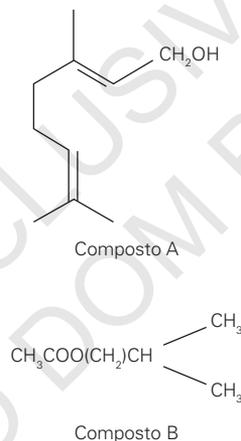
O hidroxitirosol e um segundo álcool podem ser obtidos por hidrólise ácida da oleuropeína. Indique duas funções orgânicas presentes na molécula de oleuropeína, além da função fenol.

Funções orgânicas presentes na molécula de oleuropeína, além da função fenol: éster, álcool e éter.

**3. Enem**

C7-H24

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

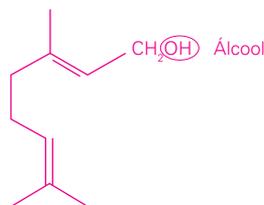


QUADROS, A. L. Os feromônios e o ensino de química. In: *Química Nova na Escola*, n. 7, maio 1998. Adaptado.

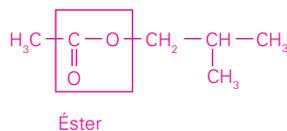
As funções orgânicas que caracterizam os feromônios de trilha e de alarme são, respectivamente,

- álcool e éster.
- aldeído e cetona.
- éter e hidrocarboneto.
- enol e ácido carboxílico.
- ácido carboxílico e amida.

O composto A, feromônio de trilha, apresenta a função álcool.



O composto B, feromônio de alarme, apresenta a função éster.



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos de química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

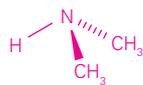
**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura de química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

4. UESPI – Das seguintes aminas: etilamina, dimetilamina, trimetilamina e metil-fenilamina, quantas são secundárias?

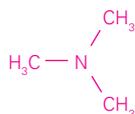
- a) 5      b) 4      c) 3      **d) 2**      e) 1



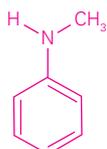
etilamina: amina primária



dimetilamina: amina secundária



trimetilamina: amina terciária

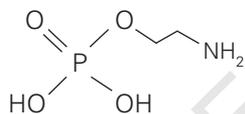


metil-fenilamina: amina secundária

#### 5. UFSC (adaptado)

##### Fosfoetanolamina: A “pílula do câncer”?

No decorrer de 2016, circularam diversas notícias acerca de testes clínicos e da liberação da utilização da fosfoetanolamina sintética por pacientes em tratamento contra o câncer. Entretanto, existem pesquisadores que defendem sua eficácia, e outros que a questionam. Em meados de julho de 2016, foram iniciados, em São Paulo, os testes clínicos da fosfoetanolamina sintética em humanos. Essa substância foi estudada por um grupo de pesquisadores brasileiros e a rota sintética protegida por patente utiliza, como reagentes, o ácido fosfórico e o 2-aminoetanol, entre outros.



Disponível em: <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lencia2.php?id=246816>> e <<http://www5.iqsc.usp.br/esclarecimentos-a-sociedade/>>. Acesso em: 11 ago. 2016. Adaptado.

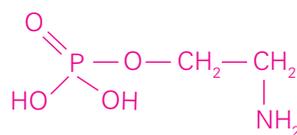
Sobre o assunto, é correto afirmar que

- 01) a cadeia carbônica da fosfoetanolamina é classificada como alifática, insaturada e heterogênea.  
**02)** as moléculas de 2-aminoetanol e de fosfoetanolamina apresentam o grupo amino ligado a um átomo de carbono saturado.  
 04) a fosfoetanolamina é não polar e, portanto, deve ser administrada juntamente com alimentos ricos em lipídios para facilitar sua dissolução.  
**08)** o ácido fosfórico, que pode ser usado na síntese da fosfoetanolamina, é caracterizado como um ácido poliprótico.  
**16)** a ordem crescente de raio atômico dos elementos químicos presentes no ácido fosfórico é: hidrogênio < oxigênio < fósforo.  
**32)** a fórmula molecular da fosfoetanolamina é  $C_2H_4NO_4P$ .

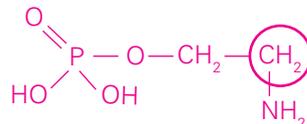
Dê a soma dos itens corretos.

26 (02 + 08 + 16)

01) Incorreto. A cadeia carbônica da fosfoetanolamina é classificada como alifática (não contém anel aromático), saturada (apresenta ligação simples entre os átomos de carbono) e homogênea (apresenta dois átomos de carbono ligados entre si).



02) Correto. As moléculas de 2-aminoetanol e de fosfoetanolamina apresentam o grupo amino ( $-NH_2$ ) ligado a um átomo de carbono saturado (faz apenas ligações sigma ou simples).



04) Incorreto. A fosfoetanolamina é polar e, portanto, deve ser administrada juntamente com alimentos ricos em água para facilitar sua dissolução.

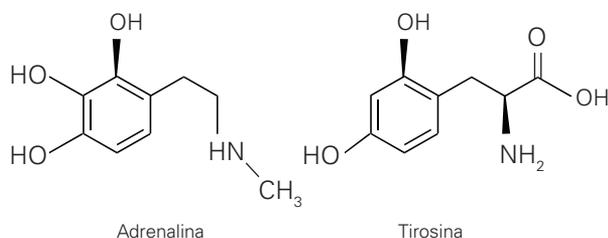
08) Correto. O ácido fosfórico, que pode ser usado na síntese da fosfoetanolamina, é caracterizado como um ácido poliprótico, pois possui três hidrogênios ionizáveis ( $H_3PO_4 \rightarrow 3 H^+ + PO_4^{3-}$ ).

16) Correto. A ordem crescente de raio atômico dos elementos químicos presentes no ácido fosfórico é: hidrogênio (uma camada) < oxigênio (duas camadas) < fósforo (três camadas).

32) Incorreto. A fórmula molecular da fosfoetanolamina é  $C_2H_4NO_4P$ .

6. USF-SP (adaptado) – A adrenalina é um hormônio neurotransmissor derivado da modificação do aminoácido tirosina. Em momentos de estresse, as suprarrenais secretam quantidades abundantes desse hormônio, que prepara o organismo para grandes esforços físicos, estimula o coração, eleva a tensão arterial, relaxa certos músculos e contrai outros. A adrenalina é muito utilizada como um medicamento para estimular o coração nos casos de parada cardíaca, para prevenir hemorragias e para dilatar os brônquios dos pulmões quando ocorrem ataques de asma aguda.

A seguir são apresentadas as estruturas moleculares da adrenalina e do aminoácido tirosina.



Adrenalina

Tirosina

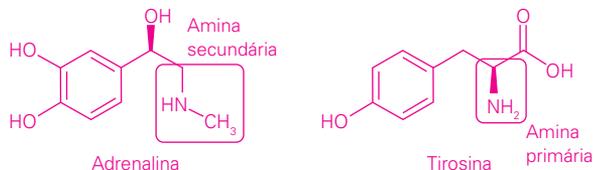
A partir das informações e das estruturas apresentadas, percebe-se que

- a) adrenalina e tirosina constituem-se como substâncias inorgânicas.

- b)** a adrenalina é uma amina secundária e a tirosina, uma amina primária.
- c)** ambas possuem a classe funcional enol, pois apresentam hidroxila em carbono insaturado.
- d)** apenas a tirosina apresenta grupo funcional com característica ácida.

**Amina primária:** o átomo de nitrogênio do grupo funcional liga-se a um átomo de carbono.

**Amina secundária:** o átomo de nitrogênio do grupo funcional liga-se a dois átomos de carbono.



## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

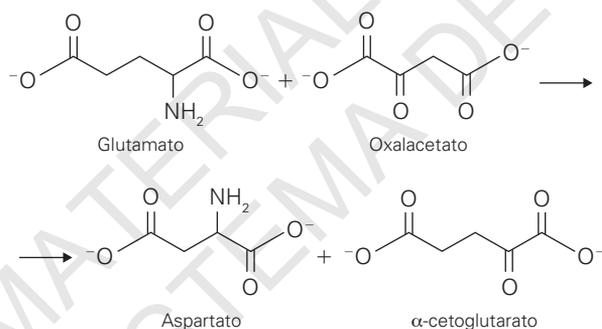
**7. Unirg-TO** – Substância flavorizante é aquela capaz de conferir ou intensificar o sabor e o aroma de alimentos e bebidas industrializadas. Os itens a seguir apresentam algumas substâncias e seu flavor (sabor e aroma, ou saboroma) correspondente.

| Flavorizante  | Flavor  |
|---|---------|
| <b>I.</b> $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$                          | maçã    |
| <b>II.</b> $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ | banana  |
| <b>III.</b> $\text{CH}_3\text{CO}_2(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$                    | laranja |
| <b>IV.</b> $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$          | abacaxi |
| <b>V.</b> $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$       | morango |

Com relação aos itens apresentados, assinale a única alternativa correta.

- a)** As substâncias II e V são ácidos carboxílicos.
- b)** O flavor de abacaxi é conferido pelo butanoato de etila.
- c)** A cadeia carbônica da substância II é aberta, normal, heterogênea e insaturada.
- d)** Todas as substâncias apresentadas fornecem um álcool secundário a partir de sua hidrólise.

**8. UERJ (adaptado)** – O íon oxalacetato participa não só do ciclo de Krebs, como também da produção do íon aspartato, segundo a equação a seguir:



O íon aspartato, por sua vez, é um ânion de um ácido dicarboxílico. Dê o nome IUPAC do ácido dicarboxílico correspondente.

---



---

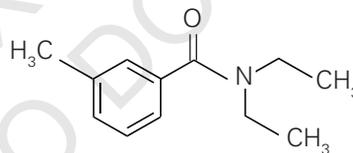


---



---

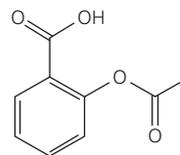
**9. UECE** – Em 2015, a dengue tem aumentado muito no Brasil. De acordo com o Ministério da Saúde, no período de 04 de janeiro a 18 de abril de 2015, foram registrados 745 957 casos notificados de dengue no país. A região Sudeste teve o maior número de casos notificados (489 636 casos; 65,6%) em relação ao total do país, seguida da região Nordeste (97 591 casos; 13,1%). A forma mais grave da enfermidade pode ser mortal: nesse período, teve-se a confirmação de 229 óbitos, o que representa um aumento de 45% em comparação com o mesmo período de 2014. São recomendados contra o *Aedes aegypti* repelentes baseados no composto químico que apresenta a seguinte fórmula estrutural:



Pela nomenclatura da IUPAC, o nome correto desse composto é

- a)** N, N-Dimetil-3-metilbenzamida.
- b)** N, N-Dietil-benzamida.
- c)** N, N-Dimetil-benzamida.
- d)** N, N-Dietil-3-metilbenzamida.

**10. UCB-DF** – O ácido acetilsalicílico é um dos fármacos mais consumidos no mundo. Tem utilização principal como analgésico, mas também é indicado para tratamento de quadros coronarianos.

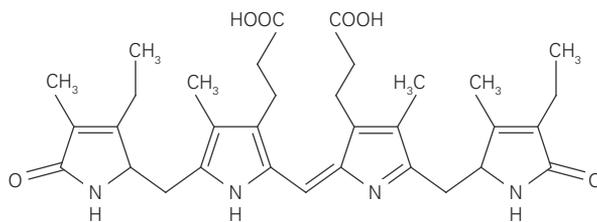


Quanto às propriedades químicas e físicas dessa substância, é correto afirmar que o ácido acetilsalicílico

- a)** é mais solúvel em água que o etanol.
- b)** possui ponto de ebulição menor que o do benzeno.
- c)** é uma substância não aromática.
- d)** possui as funções cetona e álcool.
- e)** possui as funções éster e ácido carboxílico.

**11. FBA** – A cor amarela do xixi se deve a uma substância chamada urobilina, formada em nosso organismo a partir da degradação da hemoglobina. A hemoglobina liberada pelas hemácias, por exemplo, é quebrada ainda no sangue, formando compostos menores que são absorvidos pelo fígado, passam pelo intestino e retornam ao

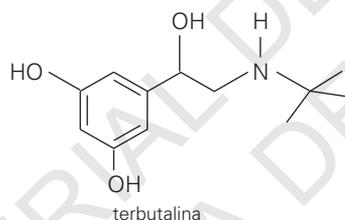
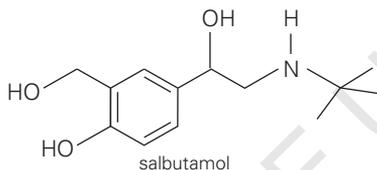
fígado, onde são finalmente transformados em urobilina. Em seguida, a substância de cor amarelada vai para os rins e se transforma em urina, junto com uma parte da água que bebemos e outros ingredientes. Xixi amarelo demais pode indicar que você não está bebendo água o suficiente. O ideal é que a urina seja bem clarinha.



Quais são as funções orgânicas representadas na estrutura da urobilina?

- Aldeído, ácido carboxílico e cetona
- Amida, amina, ácido carboxílico
- Cetona, amina e hidrocarboneto
- Ácido carboxílico, amida e fenol
- Fenol, amina e amida

- 12. UERJ** – Dois anabolizantes comumente encontrados em casos de *doping* em atletas são o salbutamol e a terbutalina. Ao comparar suas fórmulas estruturais, identificam-se funções orgânicas comuns a ambas as moléculas, como pode ser observado a seguir.



Considere os grupamentos funcionais que estabelecem ligação direta com os carbonos alifáticos em cada molécula. Nomeie suas funções correspondentes e, em seguida, indique o número de átomos de carbonos terciários presentes no salbutamol.

---



---



---



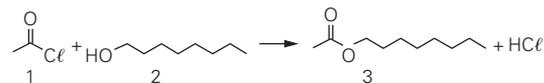
---



---

- 13. UFPA** – Substâncias químicas de interesse industrial podem ser obtidas por meio de extração de plantas,

produzidas por micro-organismos, sintetizadas em laboratórios, entre outros processos de obtenção. A seguir, é apresentado um esquema de reação para obtenção de uma substância utilizada como flavorizante na indústria de alimentos.



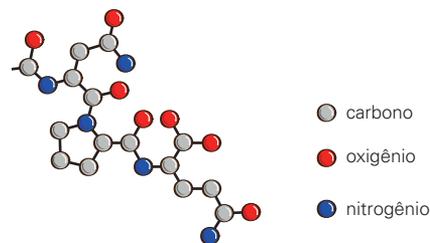
A nomenclatura, segundo a IUPAC, e a função química a que pertence a substância 3 são, respectivamente,

- propanoato de n-nonila e aldeído.
- etanoato de n-octila e éster.
- metanoato de n-decila e cetona.
- etanoato de n-decila e éster.
- metanoato de n-heptila e cetona.

- 14. Uncisal-AL** – As flores e as frutas geralmente exalam essências agradáveis que são provenientes de ésteres presentes na forma de líquidos voláteis e que conferem os seus odores característicos. Por esse motivo, os ésteres são muito usados como aditivos químicos para conferir cheiro e gosto a produtos industrializados, como na fabricação de alimentos, cosméticos, produtos de higiene e de limpeza. Destaca-se, no entanto, que os ésteres artificiais são mais utilizados que os naturais e isso se dá em virtude de terem custo bem menor e serem de fácil produção. Como exemplo da utilização de ésteres, pode-se citar o butanoato de etila, que confere ao alimento sabor de abacaxi, e o etanoato de etila, essência que imita o sabor de maçã verde.

Em relação aos ésteres e suas características, assinale a alternativa correta.

- O acetato de etila apresenta três átomos de carbono terciário e um átomo de carbono primário.
  - Os ésteres geralmente são formados por meio de reações de esterificação, que ocorrem entre um hidrocarboneto, uma cetona e um álcool, com eliminação de água.
  - O butanoato de etila apresenta fórmula molecular  $C_4H_8O_2$ .
  - Os ésteres orgânicos são compostos derivados dos ácidos carboxílicos, em que há a substituição do hidrogênio da carboxila ( $-COOH$ ) por algum grupo orgânico, que pode ser um radical alquila (R) ou arila (Ar).
  - O butanoato de etila é isômero de cadeia do ácido hexanoico.
- 15. Univag-MT** – A estrutura representada na figura a seguir refere-se a um fragmento de uma macromolécula conhecida como glúten. As esferas representam átomos de carbono, oxigênio e nitrogênio, e os hidrogênios não estão representados.



Considerando a legenda da figura, quais são os grupos funcionais presentes nesse fragmento de glúten?

---



---



---



---



---



---

### 16. UFSM-RS (adaptado)

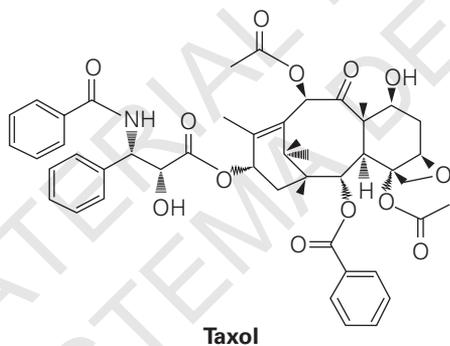
Em busca de novas drogas para a cura do câncer, cientistas, no início da década de 1960, desenvolveram um programa para analisar ativos em amostras de material vegetal. Dentre as amostras, encontrava-se o extrato da casca do teixo-do-pacífico, *Taxus brevifolia*. Esse extrato mostrou-se bastante eficaz no tratamento de câncer de ovário e de mama.

No entanto, a árvore apresenta crescimento muito lento e, para a produção de 1 000 g de taxol, são necessárias as cascas de 3 000 árvores de teixo de 100 anos, ou seja, para tratar de um paciente com câncer, seria necessário o corte e processamento de 6 árvores centenárias.

O notável sucesso do taxol no tratamento do câncer estimulou esforços para isolar e sintetizar novas substâncias que possam curar doenças e que sejam ainda mais eficazes que essa droga.

BETTELHEIM, F. A. *Introdução à química geral, orgânica e bioquímica*. São Paulo: Saraiva, 2012. p.276.

Observe, então, a estrutura:



Observando a molécula do taxol, identifique as funções orgânicas presentes.

---



---



---



---



---



---



---



---

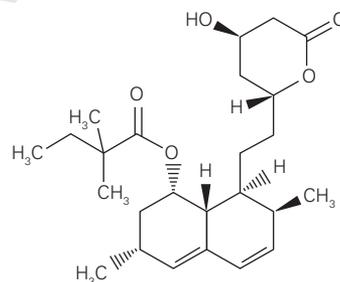


---



---

17. UEA-AM – A figura a seguir representa a estrutura molecular da sinvastatina, fármaco utilizado para redução dos níveis de colesterol no sangue.



As funções orgânicas oxigenadas presentes na sinvastatina são

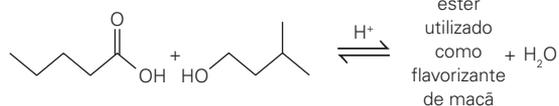
- aldeído e éter.
- aldeído e éster.
- álcool e cetona.
- álcool e éter.
- álcool e éster.

## ESTUDO PARA O ENEM

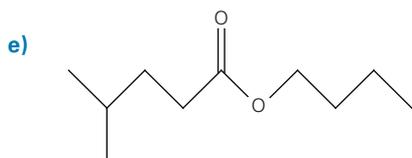
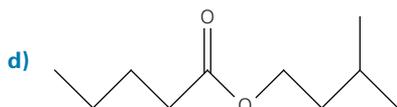
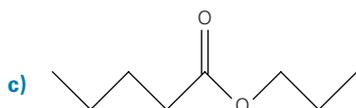
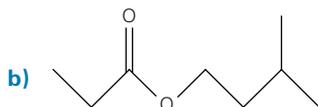
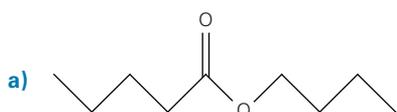
### 18. UFGD-MS

C7-H24

Geralmente o cheiro agradável das frutas é atribuído à presença de ésteres. Estes, quando produzidos em laboratório, são utilizados pela indústria alimentícia como flavorizantes artificiais. Um exemplo é a reação esquematizada a seguir, que mostra a preparação do flavorizante de maçã:



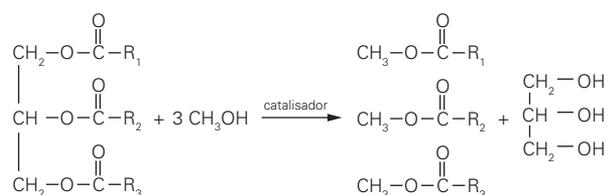
Marque a alternativa que apresenta a estrutura do éster obtido na reação anterior.



### 19. Enem

C7-H24

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



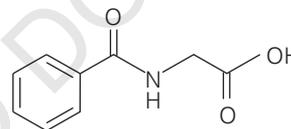
A função química presente no produto que representa o biodiesel é

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

### 20. Unioeste-PR

C7-H24

O ácido hipúrico, cuja fórmula estrutural está representada a seguir, é um bioindicador da exposição do trabalhador ao tolueno – um solvente aromático muito utilizado em tintas e colas. A biossíntese do ácido hipúrico no organismo ocorre pela reação do tolueno com o aminoácido glicina e, no laboratório, ele pode ser obtido pela reação do cloreto de benzofila com a glicina em meio alcalino.



Na estrutura do ácido hipúrico, além do grupo ácido carboxílico, pode-se identificar a função oxigenada

- a) cetona.
- b) amida.
- c) amina.
- d) aldeído.
- e) álcool.

## 6

# FUNÇÕES NITROGENADAS E HALOGENADAS E PROPRIEDADES FÍSICAS DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

- Funções orgânicas: nitrila, nitrocompostos e haletos orgânicos
- Nomenclatura das nitrila, nitrocompostos e haletos orgânicos
- Propriedades físicas dos compostos orgânicos:
- temperatura de ebulição, de fusão e solubilidade.
- Acidez e basicidade dos compostos orgânicos.

## HABILIDADES

- Reconhecer e nomear nitrila.
- Elaborar a fórmula estrutural de uma nitrila a partir de seu nome.
- Reconhecer e nomear nitrocompostos.
- Elaborar a fórmula estrutural de um nitrocomposto a partir de seu nome.
- Reconhecer e nomear compostos halogenados.
- Elaborar a fórmula estrutural de um composto halogenado a partir de seu nome.
- Relacionar propriedades de sólidos e líquidos (temperaturas de ebulição e de fusão e solubilidade) com os tipos de ligações presentes (iônicas, covalentes ou metálicas) e com os tipos de interações intermoleculares (London e ligações de hidrogênio).
- Identificar interações intermoleculares predominantes (ligações de hidrogênio, dipolo permanente e dipolo induzido).
- Aplicar o conceito de acidez e basicidade no cotidiano.

## Nitrila

As nitrilas (ou organo-cianetos) possuem o grupo alquila (**R**) ou aromático (**Ar**) ligado ao grupo funcional (**—CN**): **R—C≡N** ou **Ar—C≡N**.

O próprio  $\text{H—C}\equiv\text{N}$  (ácido cianídrico) pode ser considerado uma nitrila.

O grupo  $\text{—C}\equiv\text{N}$  pode ser simbolizado por  $\text{—CN}$ .

A obtenção das nitrilas, de maneira geral, pode ser considerada como a substituição do hidrogênio do ácido cianídrico (HCN) por um grupo orgânico (R).

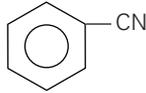
## NOMENCLATURA

### Nomenclatura IUPAC

É dado nome ao hidrocarboneto correspondente, seguido da terminação **nitrila**.

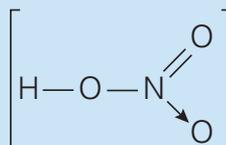
### Nomenclatura usual

Usa-se a palavra cianeto e, em seguida, o nome do radical preso ao grupo  $\text{—C}\equiv\text{N}$ .

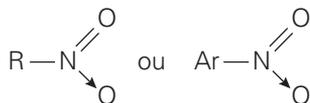
|   | Nomenclatura IUPAC | Nomenclatura usual   |
|---|--------------------|----------------------|
| $\text{H}_3\text{C—CN}$   | metanonitrila      | cianeto de metila    |
| $\text{H}_3\text{C—CH}_2\text{—CN}$   | etanonitrila       | cianeto de etila     |
| $\text{H}_2\text{C=CH—CN}$  | propenonitrila     | cianeto de propenila |
| $\text{H}_3\text{C—CN}$   | metanonitrila      | cianeto de metila    |
| $\text{H}_3\text{C—CH}_2\text{—CN}$   | etanonitrila       | cianeto de etila     |
| $\text{H}_2\text{C=CH—CN}$  | propenonitrila     | cianeto de propenila |
|  | benzenonitrila     | cianeto de fenila    |

## Nitrocompostos

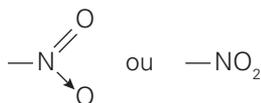
Podem ser considerados como derivados do ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ )



pela substituição do —OH por um radical alquil ou aril, por isso tem fórmula geral:



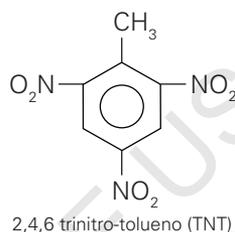
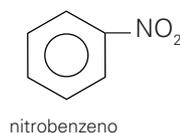
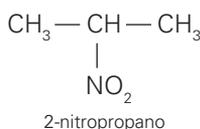
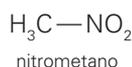
O grupo funcional é o grupo nitro:



## NOMENCLATURA

Usa-se o prefixo **nitro** antecedendo o nome do hidrocarboneto do qual se origina o nitrocomposto.

### Exemplo



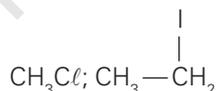
## Haleto orgânicos

São compostos derivados dos hidrocarbonetos pela substituição de, pelo menos, um hidrogênio pelo **halogênio (F, Cl, Br, I)**.

Exemplos de haleto orgânicos são o tetracloreto de carbono ( $\text{CCl}_4$ ) e o clorofórmio ( $\text{CHCl}_3$ ), usados como solventes em laboratório.



### Exemplos

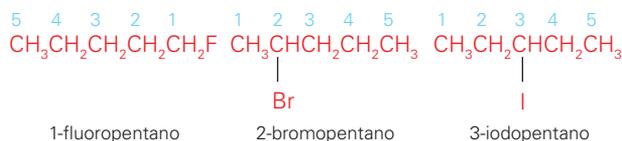


## NOMENCLATURA

### Nomenclatura IUPAC

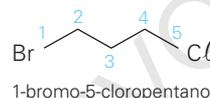
O halogênio é considerado uma ramificação presa à cadeia principal. A cadeia carbônica é numerada a partir da extremidade mais próxima do halogênio. O nome do halogênio antecede ao do hidrocarboneto.

### Exemplos

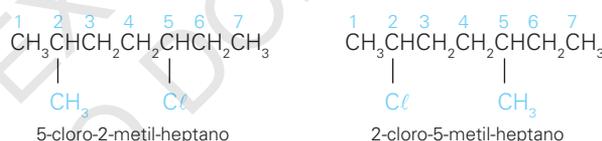


Quando há mais de um tipo de halogênio, usa-se a ordem alfabética de citação e o primeiro halogênio recebe o menor número.

### Exemplo



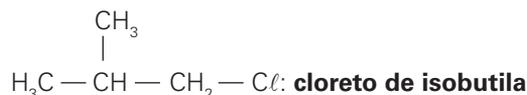
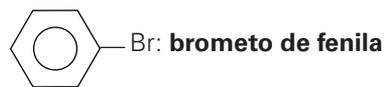
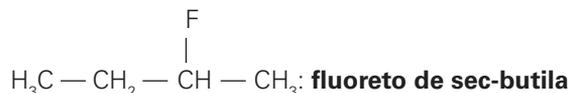
Quando a cadeia de carbono comportar tanto um halogênio como um substituinte alquil, os dois serão considerados de igual grau; assim, a cadeia deverá ser numerada atribuindo-se o menor número ao substituinte mais próximo da extremidade. Deve-se, também, respeitar a ordem alfabética.



## Nomenclatura usual

São utilizados os termos cloreto, brometo e iodeto, que antecedem o nome do radical orgânico.

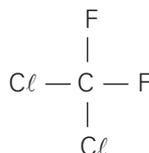
### Exemplos



Encontram-se haleto com nomes usuais, conhecidos no comércio:

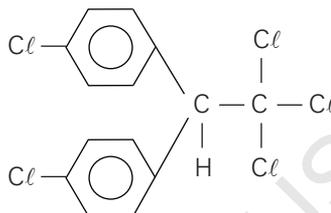


Podemos citar o gás fréon, usado na refrigeração e empregado como gás propulente em aerossóis.



Dicloro-difluormetano (fréon ou CFC)

Podemos mencionar, também, o DDT, usado como inseticida.



Dicloro-difenil-tricloetano (DDT)

## Propriedades físicas dos compostos orgânicos

As propriedades a serem estudadas de forma mais aprofundada serão as temperaturas de ebulição e a de fusão e a solubilidade juntamente com as suas relações com as forças intermoleculares, o tamanho e a geometria de cada molécula.

### TEMPERATURA DE EBULIÇÃO E DE FUSÃO

Esta propriedade depende das interações intermoleculares e do tamanho das moléculas.

#### Interações intermoleculares

Quanto maior a intensidade da interação intermolecular, maior a energia necessária para a mudança de estado e, conseqüentemente, maior será a temperatura de ebulição e a de fusão.

**Dipolo induzido – dipolo induzido:** ocorre entre moléculas não polares.

**Dipolo permanente – dipolo permanente:** ocorre entre moléculas polares.

**Ligação de hidrogênio:** ocorre entre moléculas que apresentam os átomos de hidrogênio ligados a átomos de flúor, oxigênio e nitrogênio.

A ordem crescente da intensidade das interações intermoleculares é dada da seguinte forma:

Dipolo induzido – dipolo induzido < Dipolo permanente – dipolo permanente < Ligação de hidrogênio

#### Tamanho das moléculas

Quanto maior o tamanho da molécula, maior será a superfície de contato, proporcionando maior interação entre as moléculas, portanto maior será a temperatura de ebulição e de fusão.

Dessa forma, podemos estabelecer as duas relações descritas a seguir.

##### A. Para moléculas com tamanhos aproximados

Quanto maior a intensidade da interação intermolecular, maior será a temperatura de ebulição e de fusão, e maior a energia necessária para separá-las.

| Substância     | Fórmula molecular                            | Massa Molar | TF (°C) | TE (°C) |
|----------------|--|-------------|---------|---------|
| Propano        | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>                | 44          | 189     | -42     |
| Propano-1-al   | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O              | 58          | -81     | 49      |
| Propanona      | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O              | 58          | -95     | 56      |
| Propano-1-ol   | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O              | 60          | -128    | 97      |
| Ác. propanoico | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> | 74          | -21     | 141     |

O quadro a seguir apresenta algumas funções orgânicas e as interações intermoleculares existentes entre suas moléculas.

| Dipolo induzido - dipolo induzido | Dipolo permanente - dipolo permanente | Ligação de hidrogênio             |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Hidrocarbonetos                   | Aldeídos e cetonas                    | Álcool, ácido carboxílico e amina |

Portanto, a ordem crescente da temperatura de ebulição e de fusão será:

hidrocarboneto < éter < aldeído < éster < amina secundária < amina primária < álcool < ácido carboxílico.

### B. Para moléculas com o mesmo tipo de interação intermolecular

Para moléculas lineares, quanto maior for o tamanho da molécula, maior será a temperatura de ebulição e de fusão.

| Composto | Fórmula estrutural  | TE (°C) |
|----------|---|---------|
| Metano   | CH <sub>4</sub>   | -164    |
| Etano    | H <sub>3</sub> C-CH <sub>3</sub>                                  | -88,4   |
| Propano  | H <sub>3</sub> C-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>                 | -42     |
| Butano   | H <sub>3</sub> C-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub> | -1      |
| Pentano  | H <sub>3</sub> C-(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub> | 36      |
| Hexano   | H <sub>3</sub> C-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -CH <sub>3</sub> | 68      |

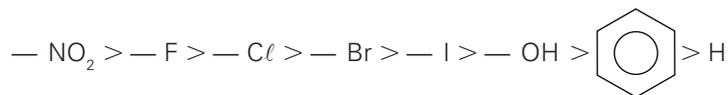
Para moléculas ramificadas, quanto mais se aumenta a quantidade de ramificações na molécula, tornando-a mais compacta, mais se diminui a superfície de contato; conseqüentemente, as temperaturas de ebulição e de fusão também diminuem.

| Nome do composto | Fórmula estrutural   | Temperatura de ebulição(°C) |
|------------------|--|-----------------------------|
| Pentano          | H <sub>3</sub> C — CH <sub>2</sub> — CH <sub>2</sub> — CH <sub>2</sub> — CH <sub>3</sub>                           | 36 °C                       |
| 2-metil-butano   | $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$      | 28 °C                       |
| Neopentano       | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | 9,5 °C                      |



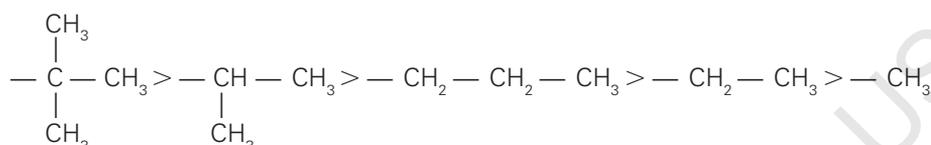
## EFEITO INDUTIVO ELEKTROATRAENTE

Ocorre em grupamentos eletronegativos que possuem a propriedade de atrair elétrons para si, afastando-os da cadeia carbônica. Os grupamentos, em ordem decrescente de afinidade, são:



## EFEITO INDUTIVO ELEKTORREPELENTE

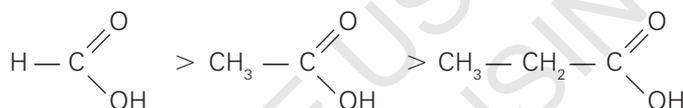
Ocorre em grupamentos que têm a propriedade de enviar elétrons à cadeia a que estão ligados, isto é, grupamentos eletropositivos. Os grupamentos, em ordem decrescente de força repulsiva, são:



Quanto maior o radical saturado, mais eletropositiva será a estrutura.

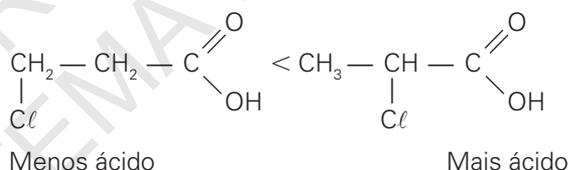
## TAMANHO DA CADEIA CARBÔNICA

O aumento da cadeia carbônica acarreta acréscimo do efeito indutivo de empurrar elétrons para a carboxila, ampliando sua densidade eletrônica e dificultando a saída do próton, o que diminui, portanto, sua acidez.

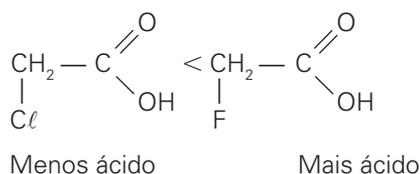


## ADIÇÃO DE UM GRUPO ELEKTRONEGATIVO

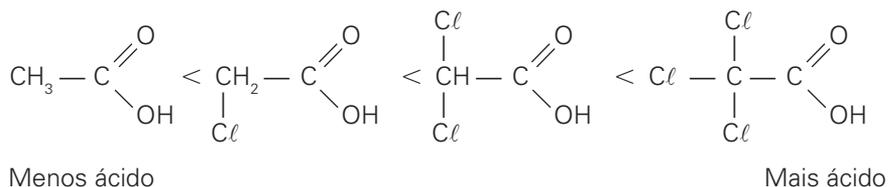
A adição de um grupo eletronegativo na cadeia carbônica tem o efeito indutivo de puxar elétrons, facilitando a saída do próton ( $\text{H}^+$ ). Quanto mais forte ou mais próximo da carboxila esse grupo estiver localizado, mais ácido será o composto.



Além disso, a acidez aumenta com a presença de um halogênio ligado à cadeia carbônica principal.



A quantidade de grupos eletronegativos também influencia no aumento da acidez da molécula.

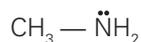


De forma geral, podemos chegar a uma ordem de acidez para os principais compostos orgânicos:

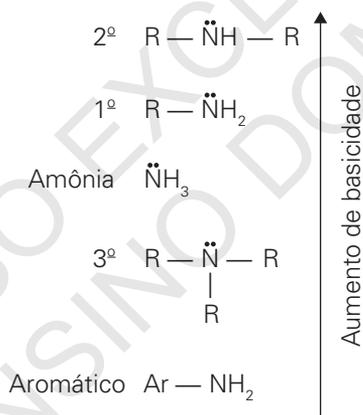


## Basicidade

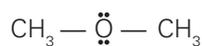
As aminas possuem um caráter básico, uma vez que o átomo de nitrogênio apresenta um par de elétrons livres (base de Lewis).



A seguir, é mostrada a ordem de basicidade para as aminas:



Éteres também possuem um caráter básico, pois eles têm dois pares de elétrons livres no oxigênio. Essa característica torna-os bases mais fracas do que as aminas.



## ROTEIRO DE AULA

FUNÇÕES  
ORGÂNICAS

Nitrila

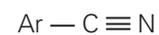
Nitrocompostos

Haletos orgânicos

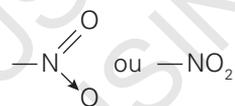
Grupo funcional:



ou



Grupo funcional:



Grupo funcional:



Exemplo

---



---



---

Exemplo

---



---



---

Exemplo

---



---



---

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

# ROTEIRO DE AULA

## Propriedades químicas e físicas dos compostos orgânicos

### Temperatura de ebulição e temperatura de fusão

Dependem de dois fatores: interações intermoleculares e tamanho da molécula

Interações intermoleculares

Tamanho da molécula

Quanto maior a intensidade da interação,  
maior a temperatura de fusão  
e ebulição

Quanto maior o tamanho da molécula,  
maior será a temperatura de  
fusão e ebulição

Solubilidade

Semelhante dissolve semelhante

Influencia no caráter ácido e básico das moléculas

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

**1. Faceres-SP** – A temperatura de ebulição em compostos orgânicos é influenciada por dois fatores: o tipo de interação intermolecular e o tamanho da molécula.

A ordem crescente da temperatura de ebulição das substâncias a seguir é:

- I.  $C_3H_8$  (propano)
  - II.  $C_3H_8O$  (1-propanol)
  - III.  $C_2H_6$  (etano)
  - IV.  $C_3H_8O_2$  (propano-1,2-diol)
- a) III, I, IV e II.  
**b) II, I, II e IV.**  
 c) I, IV, I e III.  
 d) IV, II, III e I.  
 e) II, IV, III e I.

Dentre os compostos anteriores, há dois hidrocarbonetos (I e III) e dois álcoois (II e IV). Os hidrocarbonetos, por serem não polares, apresentam menores temperaturas de ebulição que os álcoois com mesmo número de carbonos.

Entre os compostos de uma mesma função química, aqueles com maior número de carbonos apresentam maiores temperaturas de ebulição (então I tem temperatura de ebulição maior que III). No caso dos álcoois, o composto IV possui 2 grupos  $-OH$ , o que possibilita uma maior quantidade de ligações de hidrogênio, deixando sua temperatura de ebulição maior que o composto II.

**2. UEA-AM** – Entre os compostos indicados nas alternativas, o que apresenta maior temperatura de ebulição é o

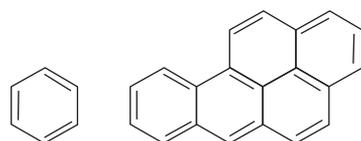
- a) metano.  
 b) metanol.  
 c) etano.  
**d) etanol.**  
 e) metoximetano.

Metano e etano são hidrocarbonetos, portanto são moléculas não polares. O metoximetano é uma molécula polar, logo possui maior temperatura de ebulição em relação aos hidrocarbonetos. Metanol e etanol são álcoois que apresentam como grupo funcional a hidroxila ( $-OH$ ) ligada a carbonos saturados em suas estruturas. Esse grupo possui o hidrogênio ligado a um elemento muito eletronegativo (oxigênio), o que permite que realize ligação de hidrogênio. Esta é a força intermolecular mais forte quando comparada ao metoximetano e aos hidrocarbonetos. Entre os dois álcoois, o etanol possui maior temperatura de ebulição devido a sua maior massa molar.

### 3. IFPE (adaptado)

C7-H24

Há algumas décadas, fumar era moda. Nessa época, o cigarro não era considerado um vilão; até profissionais de saúde, como médicos, eram garotos-propaganda de marcas de cigarro e incentivavam o vício de fumar. Com o passar dos anos, pesquisas mostraram que o cigarro é extremamente prejudicial à saúde. Estudos mostram que existem mais de 4 000 substâncias químicas no cigarro, das quais 50 são comprovadamente cancerígenas. Dentre elas, podemos citar: arsênio, polônio-210, DDT, benzeno e benzopireno. A seguir, temos as fórmulas estruturais de duas dessas substâncias que estão na lista das 50 cancerígenas: o benzeno e o benzopireno.



Benzeno

Benzopireno

Em relação às substâncias benzeno e benzopireno, é correto afirmar que

- a) o benzeno, por ser polar, é uma molécula insolúvel na água, já que a água é não polar.  
 b) o benzopireno apresenta hibridação  $sp^3$  em todos os seus carbonos.  
**c) tanto o benzeno quanto o benzopireno interagem por forças de dipolo-induzido.**  
 d) ambos são hidrocarbonetos que apresentam apenas carbonos secundários.  
 e) o benzopireno apresenta temperatura de ebulição e de fusão menor que o benzeno.

a) Incorreto. O benzeno, como todos os hidrocarbonetos, é uma molécula não polar, portanto é insolúvel em água, que é polar.

b) Incorreto. A hibridização entre os carbonos do benzopireno é do tipo  $sp^2$ .

c) Correto. Por serem moléculas não polares, as forças intermoleculares que as unem são as de dipolo-induzido.

d) Incorreto. O benzopireno, por ter anéis condensados, apresenta vários carbonos terciários.

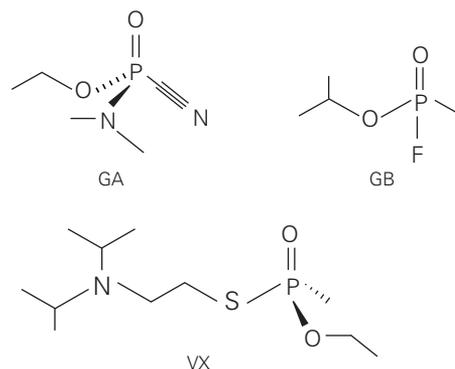
e) Incorreto. O benzopireno, por ter uma massa molar maior que o benzeno, apresentará temperaturas de ebulição e de fusão maiores que o benzeno.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

**4. Mackenzie-SP** – O gás O-etil-S-2-diidopropilaminoetil-metilfosfonotiolato, conhecido também como agente VX, é extremamente asfixiante e letal podendo ser utilizado como arma química. Os gases da variedade "V" são mais perigosos e tóxicos do que os da variedade "G" como o GA (Tabun) e o GB (Sarin), que se dissipam rapidamente e têm apenas efeitos de curto prazo. O gás VX foi o responsável pela morte do meio irmão do presidente norte-coreano, ocorrida no dia 13/02/2017 no aeroporto de Kuala Lumpur na Malásia.

A seguir estão representadas as fórmulas estruturais dos gases GA, GB e VX.

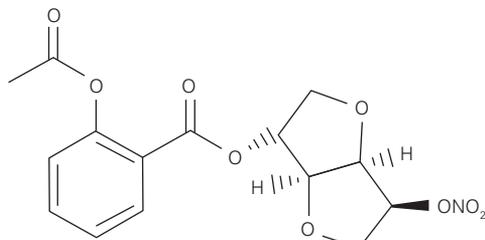


A respeito desses gases, são realizadas as seguintes afirmações.

- I. O **GA** possui um grupo nitrila e fórmula estrutural  $C_5H_{11}N_2O_2P$ .
- II. O **GB** e o **VX** possuem, no mínimo, um átomo de carbono terciário em suas estruturas.
- III. Todos são gases organofosforados, e o **VX** possui uma amina terciária.



- 6. USF-SP** – O remédio conhecido como Isordil® é de uso contínuo para os pacientes que possuem algum tipo de doença coronariana. Esse medicamento tem seu uso relacionado a ataques cardíacos e é indicado no tratamento posterior ao infarto. Seu efeito ativo é derivado do nitrato de isosorbida, cuja fórmula estrutural é apresentada a seguir.

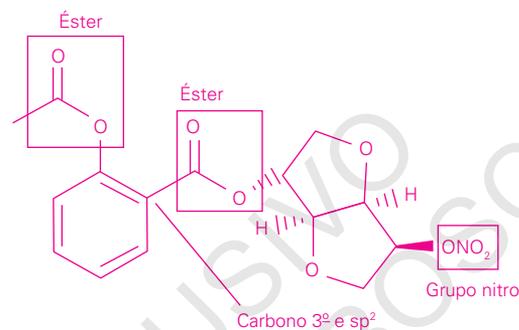


A respeito da estrutura de tal substância, são realizadas as seguintes afirmações.

- I. Nessa substância, é possível encontrar a função orgânica amina.
- II. Dentre outras funções oxigenadas, uma das encontradas é a função cetona.
- III. O composto apresenta dois grupos funcionais dos ésteres.
- IV. Há um único átomo de carbono hibridizado em  $sp^2$  que também é carbono terciário.

Das afirmações anteriores, são corretas

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



- I. Incorreta. A função orgânica encontrada é um nitrocomposto ( $NO_2$ ).
- II. Incorreta. Não há função cetona na estrutura.
- III. Correta.
- IV. Correta.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 7. UECE** – A temperatura de ebulição do álcool etílico é  $78,15\text{ }^\circ\text{C}$  e a do éter metílico é  $-24,8\text{ }^\circ\text{C}$ . Isso ocorre porque as forças intermoleculares do álcool etílico são maiores, pois

- a) ele apresenta ligações de hidrogênio.
- b) é um composto covalente polar.
- c) sua massa molecular é maior do que a do éter metílico.
- d) ele apresenta moléculas de maior simetria.

**8. UERN**

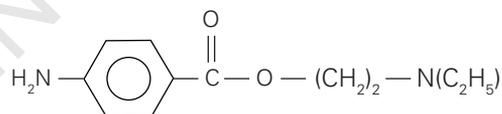
Entre os principais compostos da função dos ácidos carboxílicos utilizados no cotidiano, temos o ácido metanoico, mais conhecido como ácido fórmico, e o ácido etanoico ou ácido acético. O ácido fórmico é assim chamado porque foi obtido pela primeira vez por meio da destilação de formigas vermelhas. Esse ácido é o principal responsável pela dor intensa e coceira sentida na picada desse inseto. O ácido acético é o principal constituinte do vinagre, que é usado em temperos na cozinha, em limpezas e na preparação de perfumes, corantes, seda artificial e acetona.

Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/quimica/os-acidos-carboxilicos.htm>>.

Acerca desses dois compostos, é correto afirmar que

- a) não se dissolvem em água.
- b) ambos possuem o mesmo ponto de ebulição.
- c) o ácido acético possui ponto de ebulição menor.
- d) o ácido acético é menos ácido que o ácido fórmico.

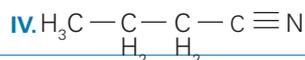
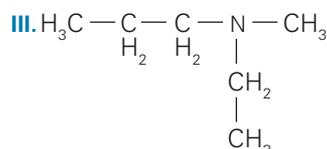
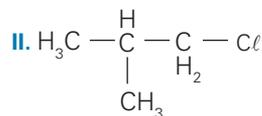
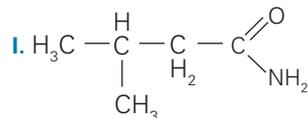
- 9. UCS-RS (adaptado)** – A novocaína é um anestésico de fórmula



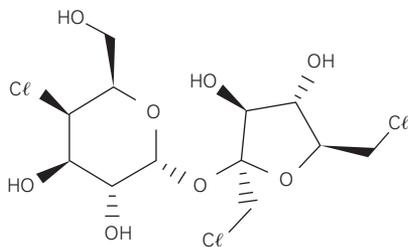
Esse composto apresenta grupos característicos das funções:

- a) éter, cetona e fenol.
- b) aldeído, amida e éter.
- c) amina aromática, amina alifática e éster.
- d) amida aromática, amida alifática e cetona.
- e) amina alifática, ácido carboxílico e nitrila.

- 10. UGF-RJ** – Dê os nomes dos compostos:



**11. Cesgranrio-RJ (adaptado)** – A sucralose é um edulcorante amplamente consumido.

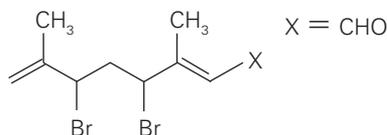


Na estrutura da sucralose, mostrada na figura anterior, encontra-se a função química

- a) éster. d) haleto orgânico.  
 b) nitrocomposto. e) ácido carboxílico.  
 c) aldeído.

**12. Cesgranrio-RJ** – O gênero *Plocamium* (*Rhodophyta*) compreende mais de 40 espécies de algas marinhas, que são amplamente distribuídas em todos os oceanos. A investigação química dessas algas tem sido comentada em artigos científicos, resultando no isolamento de um número considerável de substâncias orgânicas halogenadas. A figura a seguir representa uma das substâncias isoladas da alga citada.

**Dados:** H = 1 u; C = 12 u; O = 16 u; Br = 80 u



Analisando a estrutura da substância, na figura anterior, conclui-se que a massa molecular e as funções orgânicas presentes na substância são, respectivamente,

- a) 240 u, ácido carboxílico, cetona.  
 b) 310 u, aldeído, haleto.  
 c) 311 u, haleto, fenol.  
 d) 316 u, éster, haleto.  
 e) 320 u, éter, álcool.

**13. UCS-RS** – Um aluno, ao estudar a nomenclatura dos compostos orgânicos relacionada com a função orgânica deles, fez as seguintes anotações.

- I. Acetato de etila é um éter.  
 II. Butanal é um aldeído.  
 III. Butanona é uma cetona.  
 IV. Ciclo-hexanol é um álcool.  
 V. Cloreto de etanoíla é um éster.  
 VI. Cloreto de etila é um cloreto de haleto de alquila.  
 VII. Tolueno é um fenol.

Dessas anotações,

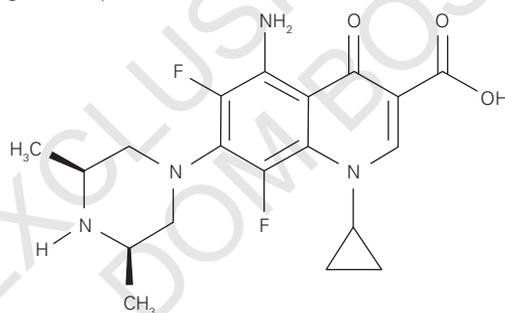
- a) 5 são corretas e 2 incorretas.  
 b) 4 são corretas e 3 incorretas.  
 c) 3 são corretas e 4 incorretas.  
 d) 2 são corretas e 5 incorretas.  
 e) 1 é correta e 6 são incorretas.

**14. UFRN** – O etino ( $C_2H_2$ ), conhecido como acetileno, é bastante usado em solda de metais. Quando obtido na indústria, pode apresentar impurezas, como o sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ), molécula de geometria angular.

Se o gás acetileno contiver essa impureza, pode ser purificado fazendo-o passar através de

- a) éter metílico ( $CH_3OCH_3$ ), pois o  $H_2S$  é dissolvido, e o etino, pelo fato de ser formado por moléculas polares, não se dissolve nele.  
 b) tetracloreto de carbono líquido ( $CCl_4$ ), pois o  $H_2S$  é dissolvido, e o etino, pelo fato de ser formado por moléculas não polares, não se dissolve nele.  
 c) água líquida ( $H_2O$ ), pois o  $H_2S$  é dissolvido, e o etino, pelo fato de ser formado por moléculas não polares, não se dissolve nela.  
 d) pentano ( $C_5H_{12}$ ), pois o  $H_2S$  é dissolvido, e o etino, pelo fato de ser formado por moléculas polares e não polares, não se dissolve nele.

**15. PUC-RJ** – A esparfloxacina é uma substância pertencente à classe das fluoroquinolonas, que possui atividade biológica comprovada.



Analise a estrutura e indique as funções orgânicas presentes.

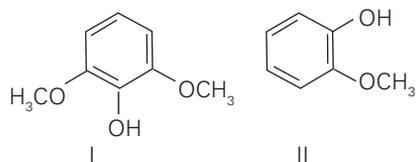
- a) Amida e haleto orgânico  
 b) Amida e éster  
 c) Aldeído e cetona  
 d) Ácido carboxílico e aldeído  
 e) Ácido carboxílico e amina

**16. UFSC (adaptado)**

**A química do churrasco**

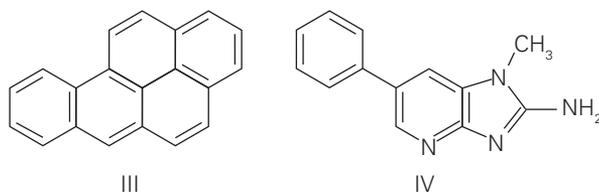
Neste verão, muitos de nós estaremos “acendendo carvão” e salivando ao pensar em um bom churrasco. Veja, a seguir, um pouco da química e dos compostos que estão envolvidos nesse alimento de sabor defumado.

Sabor e aroma defumado



Quando o carvão entra em combustão, há a formação de compostos fenólicos. O siringol (I) é um dos principais responsáveis pelo aroma de fumaça, e o guaiacol (II) é uma das substâncias que fornecem o sabor de fumaça à carne.

Carcinógenos



Quando a carne é cozida como churrasco, a gordura escorre para o carvão quente e forma hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA). Há diversos HPA diferentes que podem ser formados por esse processo, incluindo agentes carcinogênicos (capazes de estimular a produção de células cancerígenas), como o benzo[a]pireno (III). Aminas heterocíclicas (por exemplo, o composto IV) constituem outra classe de compostos carcinogênicos que é formada à medida que a carne cozinha. Essas moléculas concentram-se especialmente nas áreas mais "queimadas" da carne. Algumas pesquisas têm sugerido que marinar a carne em cerveja pode reduzir significativamente as concentrações desses compostos.

Disponível em: <<http://cen.acs.org/articles/93/i28/Periodic-Graphics-Chemistry-Barbecue.html>>. Acesso em: 7 set. 2016. Adaptado.

É possível retirar os compostos carcinogênicos da carne (HPA) apenas lavando-a em água corrente? Explique sua resposta.

---



---



---



---



---



---



---

**17. UFU-MG (adaptado)** – O ácido tricloroacético é uma substância aquosa com grande poder cauterizante e muito utilizado no tratamento de feridas, em doenças de pele, calos, verrugas, entre outros males. Seu caráter ácido é maior que o do ácido acético. Essa diferença pode ser explicada

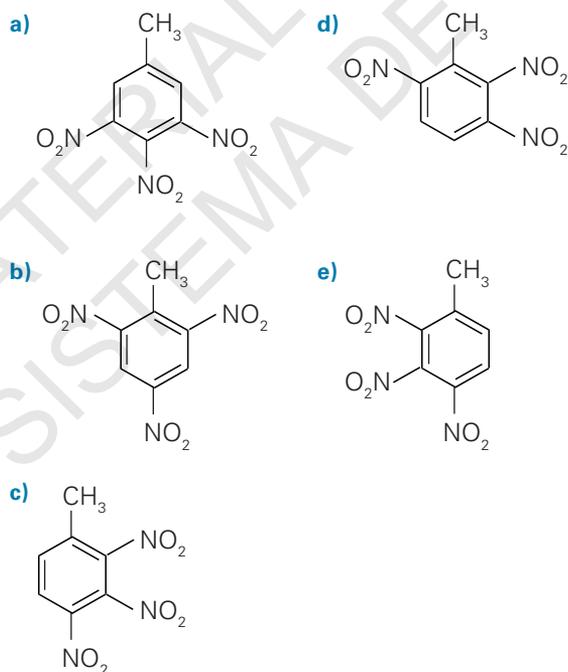
- a) pelo elevado grau de ionização do  $H^+$  no ácido acético, que disponibiliza mais desse íon para a solução.
- b) pela diminuição do grau de ionização do ácido tricloroacético pela presença dos átomos de cloro.
- c) pelo efeito que os átomos de cloro exercem na estrutura do ácido tricloroacético.
- d) pelo número de átomos de cloro na estrutura do tricloroacético, que fixa melhor o hidrogênio ionizável, aumentando a acidez.

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. UEA-AM

C7-H24

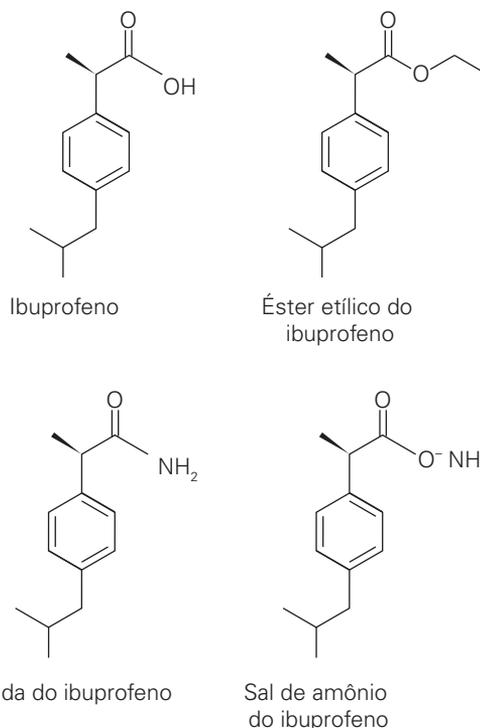
O explosivo TNT (trinitrotolueno) é produzido pela reação de tolueno com ácido nítrico em presença de ácido sulfúrico concentrado. Considerando os efeitos indutivos dos grupos  $-CH_3$  e  $-NO_2$  no anel benzênico, é correto afirmar que a fórmula estrutural do TNT é



### 19. UEFS-BA (adaptado)

C7-H24

O ibuprofeno é um dos nomes do fármaco pertencente ao grupo dos anti-inflamatórios não esteroides, com nome sistemático ácido 2-(4-isobutilfenil) propanoico.



Sobre o ibuprofeno, é correto afirmar:

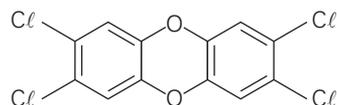
- a) Dissolve totalmente em água, quando misturado a este solvente, em qualquer proporção.
- b) Solubiliza em soluções de hidróxidos de metais alcalinos, devido ao hidrogênio ácido do grupo carboxila.
- c) Apresenta apenas dois carbonos do tipo  $sp^3$ .
- d) Não solubiliza em metanol devido às interações intermoleculares muito fortes entre as moléculas deste solvente.
- e) Formam-se ligações de hidrogênio intramoleculares entre o grupo carboxila e o carbono do anel aromático.

## 20. Enem

C7-H24

A crescente produção industrial lança ao ar diversas substâncias tóxicas que podem ser removidas pela passagem do ar contaminado em tanques para filtração por materiais porosos, ou para dissolução em água ou solventes orgânicos de baixa polaridade, ou para neutralização em soluções ácidas ou básicas. Um

dos poluentes mais tóxicos liberados na atmosfera pela atividade industrial é a 2,3,7,8-tetraclorodioxina.



Esse poluente pode ser removido do ar pela passagem através de tanques contendo

- a) hexano.
- b) metanol.
- c) água destilada.
- d) ácido clorídrico aquoso.
- e) hidróxido de amônio aquoso.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

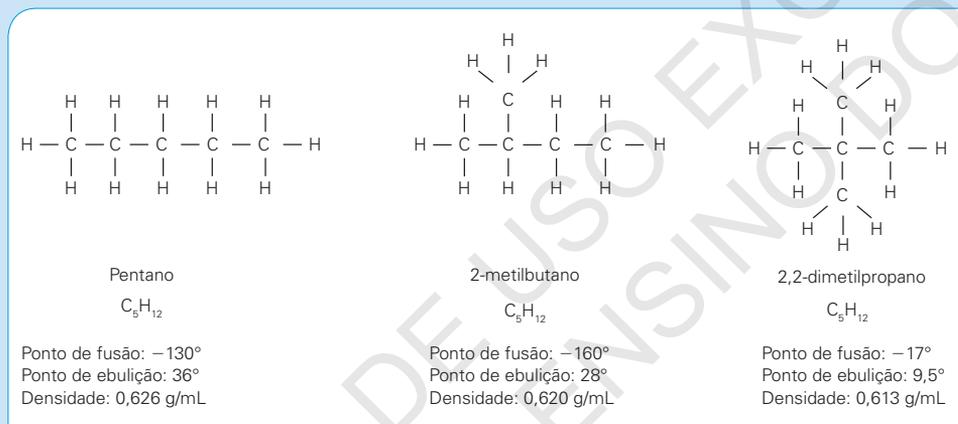
# ISOMERIA PLANA DE: FUNÇÃO, CADEIA, POSIÇÃO, COMPENSAÇÃO E TAUTOMERIA

## Isomeria

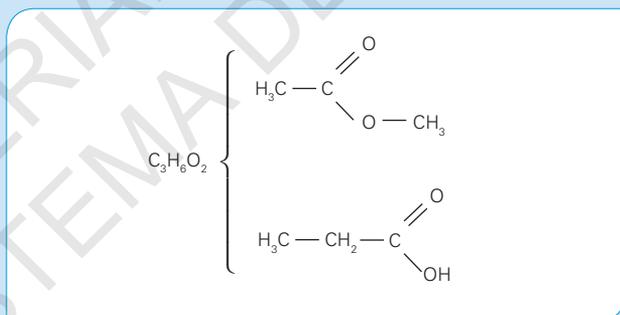
É muito comum encontrarmos substâncias com a mesma composição de átomos, mas com arranjo diferente desses átomos, representando, assim, substâncias diferentes, ou seja, apresentam a mesma fórmula molecular, porém fórmulas estruturais diversas. Essas substâncias são denominadas isômeras.

A palavra "isômero" vem do grego: *isos* – igual; *meros* – parte.

Isômeros sempre apresentam propriedades físicas distintas, podendo ou não ter as mesmas propriedades químicas, em razão de os arranjos e as distribuições atômicas nas moléculas serem diferentes.



Com a fórmula  $C_3H_6O_2$ , existem um éster e um ácido carboxílico.



A isomeria distingue-se em plana e espacial.

## ISOMERIA PLANA

Nesse tipo de isomeria, as substâncias diferenciam-se somente no tipo de cadeia carbônica. A isomeria plana está dividida em cinco classes: isomeria de função, de cadeia, de posição, de compensação (**metameria**) e dinâmica (**tautomeria**).

### Isomeria de função

Os isômeros diferem na função química a que pertencem. Os casos mais importantes são: álcool – éter; aldeído – cetona; ácido carboxílico – éster.

- Isomeria
- Isomeria plana ou constitucional
- Isomeria plana de cadeia
- Isomeria plana de função
- Isomeria plana de posição
- Isomeria plana de metameria
- Isomeria dinâmica (tautomeria)

### HABILIDADES

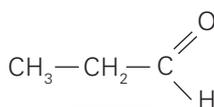
- Compreender o conceito de isomeria.
- Reconhecer os diferentes tipos de isomeria plana.
- Diferenciar os arranjos estruturais dos átomos.
- Perceber que os isômeros constituem substâncias distintas, com propriedades distintas.
- Reconhecer os tipos de isomerias constitucionais existentes de posição, metameria e tautomeria.

**Exemplo**

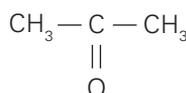
Álcool

**Etanol**

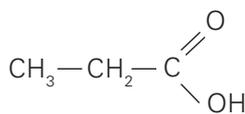
Éter

**Metoximetano****Exemplo**

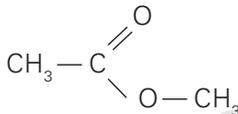
Aldeído

**Propanal**

Cetona

**Propanona****Propan-2-ona****Exemplo**

Ácido

**Ácido propanoico**

Éster

**Etanoato de metila****Isomeria de cadeia**

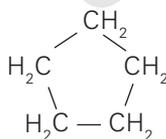
Os isômeros pertencem à mesma função química orgânica, mas diferem no tipo de cadeia.

**Exemplo****Butano**

Cadeia normal

**Isobutano**

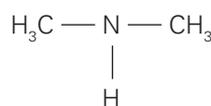
Cadeia ramificada

**Exemplo****Ciclopentano**

Cadeia fechada

**Pent-1-eno**

Cadeia aberta

**Exemplo****Dimetilamina**

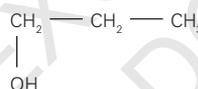
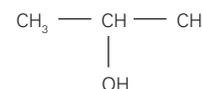
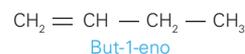
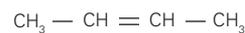
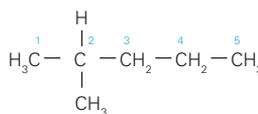
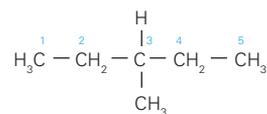
Cadeia heterogênea

**Etilamina**

Cadeia homogênea

**Isomeria plana****ISOMERIA DE POSIÇÃO**

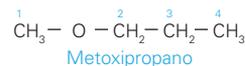
Os isômeros de posição têm a mesma função e o mesmo tipo de cadeia carbônica, mas apresentam diferença na posição de um grupo funcional, da insaturação ou de um grupo substituinte (radical).

**Exemplo** $C_3H_8O$  (diferença na posição do grupo funcional)**Propan-1-ol****Propan-2-ol****Exemplo** $C_4H_8$  (diferença na posição da insaturação)**But-1-eno****But-2-eno****Exemplo** $C_6H_{14}$  (diferença na posição do radical)**2-metilpentano****3-metilpentano****ISOMERIA DE COMPENSAÇÃO (METAMERIA)**

Os isômeros de compensação pertencem à mesma função orgânica e apresentam o mesmo tipo de cadeia carbônica, diferindo-se apenas na posição do heteroátomo da cadeia carbônica.

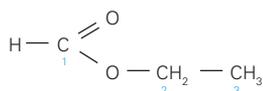
**Exemplo**

$C_4H_{10}O$  (Os isômeros pertencem à função éter e possuem cadeia carbônica aberta e heterogênea.)

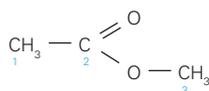
**Metoxipropano****Etoxietano**

**Exemplo**

$C_3H_6O_2$  (Os isômeros pertencem à função éster e possuem cadeia carbônica aberta e heterogênea.)



Metanoato de etila



Etanoato de metila

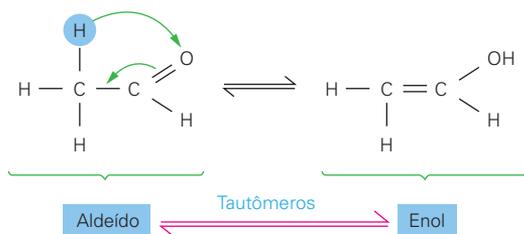
**ISOMERIA DINÂMICA (TAUTOMERIA)**

É um caso particular de isomeria de função, pois os isômeros coexistem em equilíbrio dinâmico quando em solução.

Os principais casos de tautomeria ocorrem com compostos carbonílicos, tal como nos pares: aldeído – enol e cetona – enol.

**Exemplo**

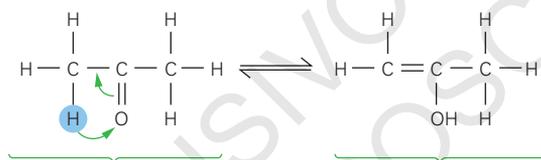
$C_2H_4O$  (O equilíbrio está deslocado para a esquerda.)



Equilíbrio aldoenólico

**Exemplo**

$C_3H_6O$



Equilíbrio cetoenólico

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO  
SISTEMA DE ENSINO DOMBORESCO

# ROTEIRO DE AULA

## ISOMERIA

Isomeria plana

Isomeria espacial

Definição: mesma fórmula molecular, mas diferentes fórmulas estruturais

Isomeria plana de  
função

Isomeria plana de  
cadeia

Isomeria  
de posição

Isomeria de  
compensação

Tautomeria

Pertencem a funções  
diferentes.

Apresentam a  
mesma função,  
mas diferentes  
tipos de cadeia.

Exemplo:

Exemplo:

# ROTEIRO DE AULA

## ISOMERIA

### Isomeria plana

Mesma fórmula molecular, mas diferentes fórmulas estruturais

Isomeria de função

Isomeria de cadeia

### Isomeria de posição

Os isômeros apresentam diferença na posição de um grupo funcional, de uma insaturação ou de um grupo substituinte (radical).

### Isomeria de compensação

Os isômeros diferem-se na posição do heteroátomo na cadeia carbônica.

### Tautomeria

Os isômeros coexistem em equilíbrio dinâmico em solução.

### Isomeria espacial

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

**1. UCS-RS** – A isomeria é o fenômeno pelo qual dois ou mais compostos orgânicos apresentam a mesma composição, mas um arranjo diferente de átomos. Numere a coluna B de acordo com o tipo de isomeria apresentado na coluna A.

## Coluna A

## Coluna B

- |                           |     |  |   |  |
|---------------------------|-----|--|---|--|
| 1. Isomeria de posição    | ( ) |  | e |  |
| 2. Isomeria de função     | ( ) |  | e |  |
| 3. Isomeria de cadeia     | ( ) |  | e |  |
| 4. Isomeria de tautomeria | ( ) |  | e |  |

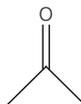
Assinale a alternativa que preenche corretamente os parênteses da coluna B, de cima para baixo.

- a)** 4 – 2 – 3 – 1  
**b)** 1 – 2 – 3 – 4  
**c)** 1 – 3 – 2 – 4  
**d)** 2 – 3 – 4 – 1  
**e)** 4 – 1 – 2 – 3

**2. Fasm-SP**

Quando há falta de insulina e o corpo não consegue usar a glicose como fonte de energia, as células utilizam outras vias para manter seu funcionamento. Uma das alternativas encontradas é utilizar os estoques de gordura para obter a energia que lhes falta. Entretanto, o resultado desse processo leva ao acúmulo dos chamados corpos cetônicos.

Disponível em: <[www.drauziovarella.com.br](http://www.drauziovarella.com.br)>. Adaptado.



Estrutura de um corpo cetônico

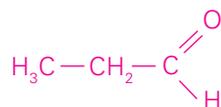
**a)** Dê a nomenclatura IUPAC e a nomenclatura comercial do corpo cetônico representado.

Nomenclatura IUPAC: propanona.

Nomenclatura comercial: acetona.

**b)** Escreva a fórmula estrutural do isômero de função desse corpo cetônico, com a sua respectiva nomenclatura IUPAC.

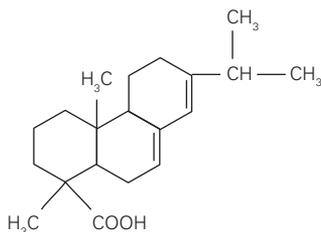
Fórmula estrutural do isômero de função da propanona, o propanal (nomenclatura IUPAC):



### 3. FMP-RJ

C7-H24

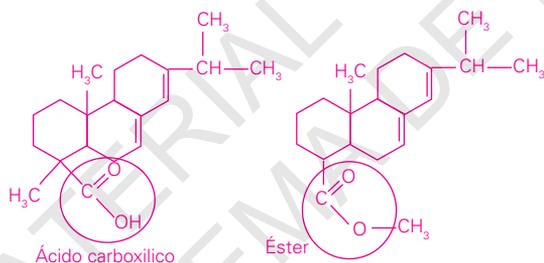
Quando um talho é feito na casca de uma árvore, algumas plantas produzem uma secreção chamada resina, que é de muita importância para a cicatrização das feridas da planta, para matar insetos e fungos, permitindo a eliminação de acetatos desnecessários. Um dos exemplos mais importantes de resina é o ácido abiético, cuja fórmula estrutural é apresentada a seguir.



Um isômero de função mais provável desse composto pertence à função denominada

- a) amina.                      c) aldeído.                      e) cetona.  
**b) éster.**                      d) éter.

Os isômeros de função são compostos de funções diferentes, ou seja, ácido carboxílico e éster.



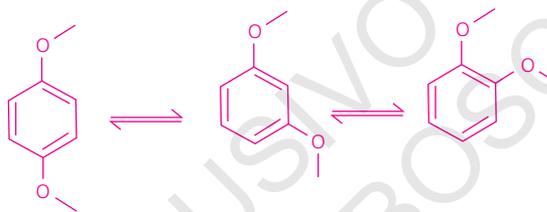
**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

4. UECE – O 1,4-dimetoxibenzeno é um sólido branco com um odor floral doce intenso. É usado principalmente em perfumes e sabonetes. O número de isômeros de posição desse composto, contando com ele, é

- a) 2.  
**b) 3.**  
 c) 5.  
 d) 4.

1,4-dimetoxibenzeno apresenta os isômeros 1,3-dimetoxibenzeno e 1,2-dimetoxibenzeno, portanto dois isômeros de posição; somando com o próprio composto: três isômeros.



### 5. Univag-MT

C4-H14

Os éteres etoxietano e metoxipropano já foram utilizados como anestésicos, exercendo eficiente ação paralisante sobre o sistema nervoso. O tipo de isomeria plana presente entre os éteres mencionados é de

- a) cadeia.  
 b) tautomeria.  
**c) compensação.**  
 d) função.  
 e) posição.

Os éteres etoxietano e metoxipropano apresentam isomeria de compensação (mudança de posição em uma parte da molécula, sendo que essa "parte" é o heteroátomo).

**Competência:** Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

**Habilidade:** Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

6. UFRR – Analisando cada alternativa a seguir, a única que contém dois compostos orgânicos oxigenados de fórmula molecular  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$  é

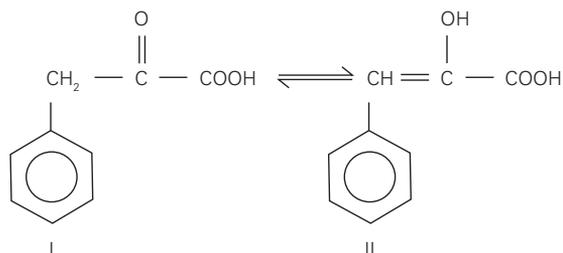
- a) ciclopropanol e metoxietano.  
 b) propan-1-ol e propanona.  
 c) prop-2-en-1-ol e metoxietano.  
 d) isopropanol e propanal.  
**e) prop-2-en-1-ol e propanal.**

Isomeria é a propriedade que consiste em que dois ou mais compostos químicos diferentes apresentem a mesma fórmula molecular (ou seja, mesma quantidade de cada elemento por molécula), mas fórmulas estruturais distintas.



## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. UFOP-MG (adaptado)** – A fenilcetonúria é uma doença que pode causar retardamento mental se não for diagnosticada no tempo certo. O diagnóstico pode ser feito por meio de um teste simples, em que gotas de solução diluída de cloreto férrico são adicionadas à fralda molhada de urina de uma criança. Dependendo da coloração desenvolvida, identifica-se o ácido fenilpirúvico, que se encontra sob as seguintes formas, de acordo com o equilíbrio.



Qual é o tipo de isomeria que ocorre entre as moléculas I e II? Explique sua resposta.

---



---



---



---



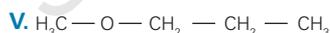
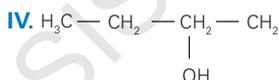
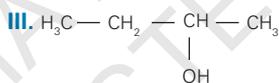
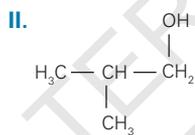
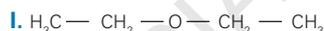
---



---

**8. UECE** – Isomeria é o fenômeno pelo qual duas substâncias compartilham a mesma fórmula molecular, mas apresentam estruturas diferentes, ou seja, o rearranjo dos átomos difere em cada caso.

Observe as estruturas apresentadas a seguir, com a mesma fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ .

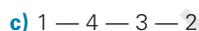
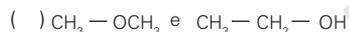
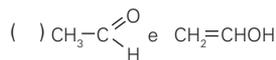


Assinale a opção em que as estruturas estão corretamente associadas ao tipo de isomeria.

- a) Isomeria de função – II e III.  
 b) Isomeria de cadeia – III e IV.  
 c) Isomeria de compensação – I e V.  
 d) Isomeria de posição – II e IV.

**9. Ibmecc-RJ** – Relacione o tipo de isomeria com as estruturas apresentadas a seguir. Depois, assinale a alternativa que corresponda à sequência correta obtida.

1. Tautomeria
2. Isomeria de posição
3. Metameria
4. Isomeria funcional



**10. UEL-PR** – A gasolina é constituída por uma mistura de compostos de carbono, predominantemente por alcanos. A temperatura de ebulição desses compostos aumenta, proporcionalmente, com o aumento do número de átomos de carbono presentes nas respectivas estruturas. Entretanto, a presença de ramificações em estruturas de alcanos contendo o mesmo número de átomos de carbono promove diminuição da temperatura de ebulição.

De acordo com essas considerações, responda aos itens a seguir.

a) Disponha os alcanos, a seguir, em ordem crescente de temperatura de ebulição, usando os números de I a V.

I. 2-metil-hexano

II. Heptano

III. 3,3-dimetilpentano

IV. Hexano

V. 2-metilpentano

---



---



---



---

a) Quantos isômeros estruturais possui o hexano?

Represente a fórmula estrutural completa para cada isômero estrutural.

---



---



---



---



---



---

**11. Univali-SC** – Tautomeria é um caso particular de isomeria de função no qual dois isômeros coexistem em equilíbrio. A alternativa que contém o par que exemplifica o exposto anteriormente é

- a) éter etílico e éter metilpropílico.
- b) ciclobutano e metilciclobutano.
- c) propanona e 2-propenol.
- d) éter metílico e álcool etílico.
- e) dietilamina e metilpropilamina.

**12. UCS-RS (adaptado)** – Na química, é muito comum que átomos de uma mesma molécula possam agrupar-se de forma diferente, produzindo estruturas moleculares distintas. Para a fórmula geral  $C_{20}H_{42}$ , por exemplo, existem “incríveis” 366 319 isômeros! Esse fenômeno é muito frequente e importante na química orgânica e, mais ainda, na bioquímica, uma vez que enzimas e hormônios, em geral, somente têm atividade biológica quando seus átomos estão arranjados em uma estrutura bem definida. A isomeria plana, em particular, ocorre quando a diferença entre os isômeros pode ser explicada por fórmulas estruturais planas.

Considere os pares de substâncias químicas 1, 2, 3 e 4, listados a seguir, e identifique os tipos de isomeria apresentados.

- (1) Pentano e 2-metilbutano
- (2) But-1-eno e but-2-eno
- (3) Etoxietano e metoxipropano
- (4) Ácido propanoico e metanoato de etila

---



---



---



---



---



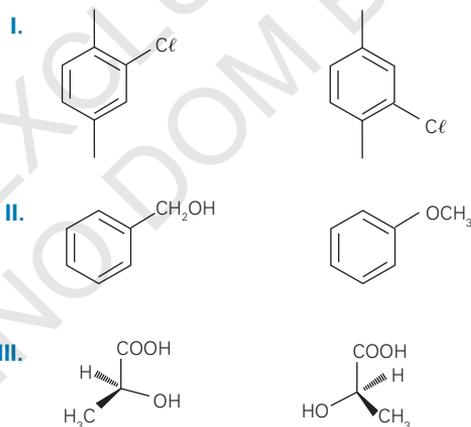
---

**13. UERN (adaptado)** – Dos compostos a seguir, assinale a alternativa que apresenta isomeria de função em relação ao etoxietano.

- a) Butanona
- b) Butan-1-ol
- c) Butano
- d) Éter dietílico
- e) Metilpropano

**14. ITA-SP** – Considere os compostos orgânicos metilfenilcetona e propanona. Apresente a equação química que representa o equilíbrio tautomérico para cada um dos compostos.

**15. IFCE (adaptado)** – Analise os conjuntos de compostos.

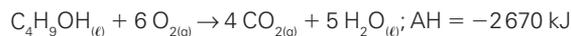


A alternativa correta quanto à função orgânica e à relação de isomeria entre eles é:

- a) o conjunto II é formado por um álcool aromático e um álcool primário, sendo ambos isômeros de função.
- b) o conjunto I é formado por um álcool aromático e um álcool primário, sendo ambos isômeros de cadeia.
- c) o conjunto II é formado por um álcool aromático e um éter aromático, sendo ambos isômeros de cadeia.
- d) o conjunto III é formado por dois ácidos carboxílicos, não sendo isômeros.
- e) o conjunto II é formado por um álcool aromático e um éter aromático, sendo ambos isômeros de função.

**16. UNIFESP (adaptado)**

A equação representa a combustão completa do butan-1-ol.



Escreva as fórmulas estruturais de dois isômeros de função do butan-1-ol.

---



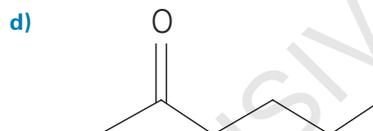
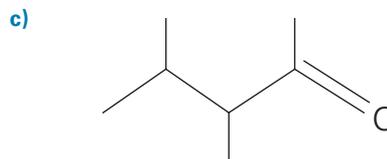
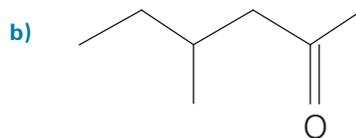
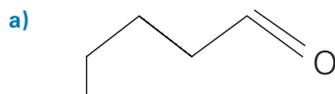
---



---

**17. UECE** – As cetonas, amplamente usadas na indústria alimentícia, para a extração de óleos e gorduras de sementes de plantas, e os aldeídos, utilizados como produtos intermediários na obtenção de resinas sintéticas, solventes, corantes, perfumes e curtimento de peles, podem ser isômeros.

Assinale a opção que apresenta a estrutura do isômero do hexanal.



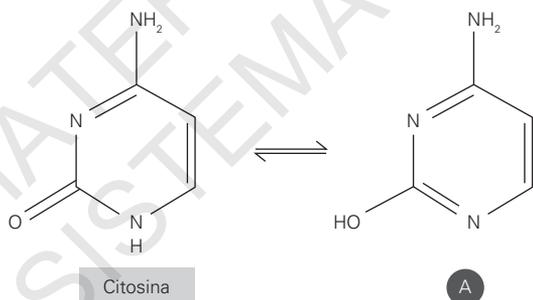
## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. UFSM-RS

C4-H14

Cientistas brasileiros definem como transgênico um “organismo cujo genoma foi alterado pela introdução de DNA exógeno, que pode ser derivado de outros indivíduos da mesma espécie, de uma espécie completamente diferente ou até mesmo de uma construção gênica sintética”. A tecnologia de produção de alimentos transgênicos começou com o desenvolvimento de técnicas de engenharia genética que visavam a um melhoramento genético que pudesse promover a resistência de vegetais a doenças e insetos, sua adaptação aos estresses ambientais e a melhoria da qualidade nutricional. Porém, a busca por maior produtividade e maior variabilidade levou ao desenvolvimento da clonagem de genes. Essa técnica tornou possível isolar um gene de um organismo e introduzi-lo em outro como, por exemplo, uma planta que, ao expressar esse gene, manifestará a característica que ele determina.

Uma das bases constituintes do DNA é a citosina.



No processo químico mostrado anteriormente, a substância A é um \_\_\_\_\_ da citosina.

O termo que preenche, corretamente, a lacuna é

- a) metâmero.
- b) isômero de posição.
- c) isômero de função.

d) isômero de cadeia.

e) tautômero.

### 19. Enem

C7-H24

Motores a combustão interna apresentam melhor rendimento quando podem ser adotadas taxas de compressão mais altas nas suas câmaras de combustão, sem que o combustível sofra ignição espontânea. Combustíveis com maiores índices de resistência à compressão, ou seja, maior octanagem, estão associados a compostos com cadeias carbônicas menores, com maior número de ramificações e com ramificações mais afastadas das extremidades da cadeia. Adota-se como valor padrão de 100% de octanagem o isômero do octano mais resistente à compressão.

Com base nas informações do texto, qual dentre os isômeros seguintes seria esse composto?

- a) n-octano
- b) 2,4-dimetil-hexano
- c) 2-metil-heptano
- d) 2,5-dimetil-hexano
- e) 2,2,4-trimetilpentano

### 20. FCM-PB

C7-H24

A propanona (acetona), à temperatura ambiente, é um líquido que apresenta odor irritante e se dissolve tanto em água como em solventes orgânicos; por isso, é muito utilizada como solvente de tintas, vernizes e esmaltes. Na indústria de alimentos, sua aplicação mais importante relaciona-se à extração de óleos e gorduras de sementes, como soja, amendoim e girassol. Com relação a essa substância, assinale a alternativa correta.

- a) É um isômero de cadeia do propanal.
- b) É um isômero de função do ácido butanoico.
- c) Apresenta ponto de ebulição mais elevado que a butanona.
- d) É um isômero de função do propanal.
- e) É um isômero de função do etanoato de etila.

# ISOMERIA GEOMÉTRICA E ÓPTICA

## Isomeria espacial ou estereoisomeria

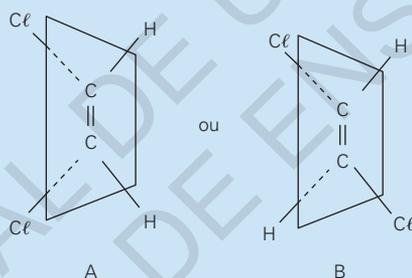
Esse tipo de isomeria ocorre com compostos que têm a mesma função orgânica, o mesmo tipo de cadeia e a mesma posição do grupo funcional, do heteroátomo, da insaturação ou do grupo substituinte. A diferença entre esses compostos está na configuração espacial das moléculas, ou seja, na disposição espacial dos átomos que constituem as moléculas isoméricas.

A isomeria espacial é dividida em geométrica e óptica.

## ISOMERIA GEOMÉTRICA OU DIASTEREISOMERIA

Acontece quando há, pelo menos, uma ligação dupla entre dois carbonos. Essa ligação é rígida, ou seja, não permite rotação entre os átomos de carbono. O mesmo ocorre na ligação entre carbonos dentro de uma cadeia cíclica. A ligação dupla é formada por uma ligação sigma e uma ligação pi ( $\pi$ ). A ligação sigma encontra-se no mesmo plano dos átomos de carbono, enquanto a ligação pi ( $\pi$ ) é formada por duas nuvens eletrônicas localizadas acima e abaixo do plano.

Quando observamos a fórmula molecular do 1,2-dicloroetano ( $C_2H_2Cl_2$ ), por exemplo, podemos obter duas estruturas diferentes, sendo que elas não podem se converter uma na outra. Observe as fórmulas estruturais espaciais a seguir.

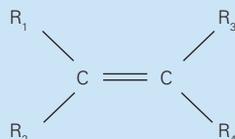


Esses dois isômeros apresentam propriedades físicas diferentes, conforme a tabela a seguir.

| Isômero | d (g/mL) | TE (°C) |
|---------|----------|---------|
| A       | 1,282    | ≈ 59    |
| B       | 1,257    | ≈ 48    |

## Isomeria geométrica (*cis-trans*) em compostos de cadeia aberta

Para que haja esse tipo de isomeria, os compostos devem ter grupos atômicos ligantes diferentes, unidos a cada carbono da dupla-ligação. Portanto, a condição de existência é:

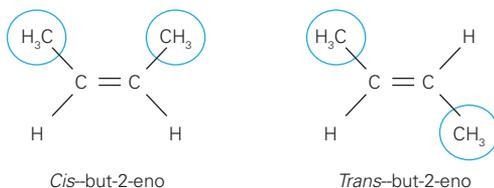


Obrigatoriamente,  $R_1 \neq R_2$  e  $R_3 \neq R_4$ .

- Isomeria espacial ou estereoisomeria
- Isomeria *cis-trans*
- Isomeria E-Z
- Isomeria óptica
- Luz polarizada
- Isômeros ópticos ativos: dextrógiros e levógiros
- Isômeros ópticos inativos: mistura racêmica
- Enantiômeros

### HABILIDADES

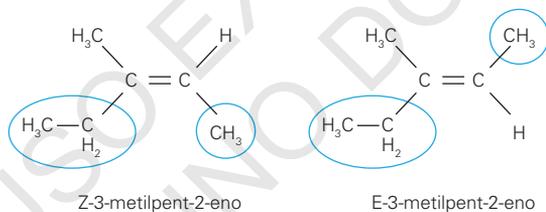
- Reconhecer um par de isômeros *cis-trans*, prever sua ocorrência – inclusive em compostos cíclicos – e identificá-los.
- Explicar o porquê das variações nas temperaturas de fusão e ebulição dos isômeros *cis* e *trans*.
- Utilizar a nomenclatura E-Z básica.
- Observar que, quando duas estruturas moleculares não forem superponíveis, é porque representam diferentes moléculas.
- Identificar um carbono assimétrico e percebê-lo como pré-requisito para a existência de isomeria óptica.
- Saber o significado dos termos “dextrógiro” e “levógiro” e perceber o porquê dos seus diferentes comportamentos químicos em ambientes quirais, como organismos vivos.
- Compreender o conceito de mistura racêmica.

**Exemplo**

Quando ambos os carbonos da dupla-ligação apresentam um átomo de hidrogênio, usam-se os prefixos *cis* e *trans*. Observe que o isômero *cis* tem ligantes iguais em cada átomo de carbono da dupla, em um mesmo plano; e o isômero *trans* apresenta ligantes iguais em cada átomo de carbono da dupla, em planos opostos.

Quando não ocorre a presença de dois hidrogênios ligados aos carbonos da dupla-ligação, não podemos utilizar os prefixos *cis* e *trans*. A IUPAC recomenda a utilização dos prefixos E (*entgegen* = opostos) e Z (*zusammen* = juntos).

A regra para utilização dessa nomenclatura baseia-se no peso atômico dos grupos ligados aos carbonos da dupla-ligação. Quando os grupos substituintes de maiores pesos atômicos se encontram do mesmo lado do plano, utiliza-se a nomenclatura Z; quando os grupos de maiores pesos atômicos estão em planos diferentes, utiliza-se a nomenclatura E.

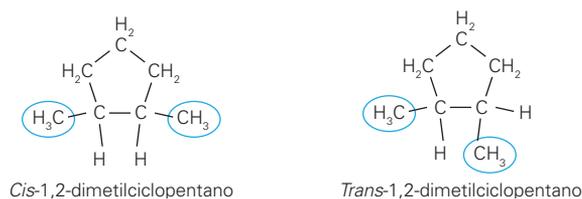
**Exemplo**

**Observação:** as moléculas assimétricas (forma *trans*) tendem a ser não polares, resultando em menores temperaturas de fusão e ebulição do que as das moléculas simétricas (forma *cis*). Elas também tendem a ser menos solúveis em água.

**Isomeria geométrica (*cis-trans*) em compostos de cadeia fechada**

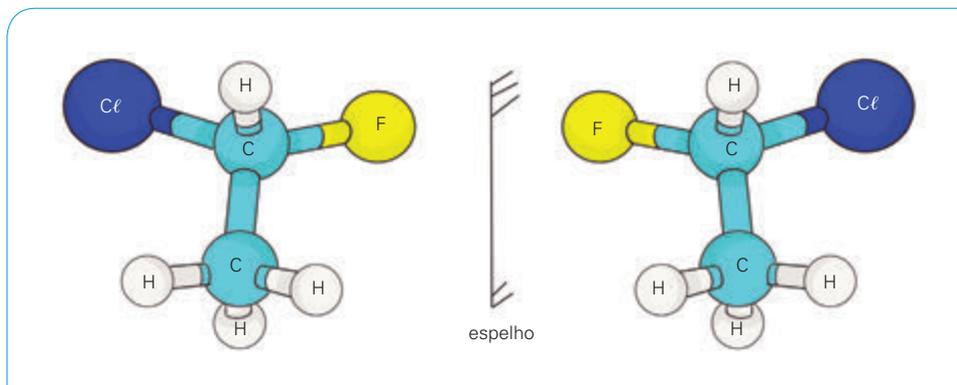
A estrutura cíclica é rígida, portanto os átomos de carbono não podem sofrer rotação completa em torno dos seus eixos.

Para haver isomeria *cis-trans*, é necessário que pelo menos dois carbonos do ciclo apresentem ligantes diferentes entre si.

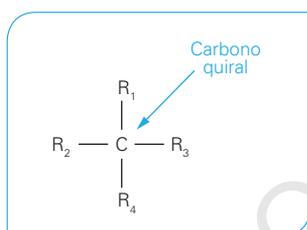
**Exemplo****Isomeria óptica**

Dizemos que uma molécula é simétrica quando ela possui pelo menos um plano de simetria, isto é, quando podemos dividi-la em duas partes iguais. As estruturas que não apresentam nenhum plano de simetria são chamadas de assimétricas; quando colocadas diante de um espelho, produzem imagens diferentes de si próprias (imagens não sobreponíveis). Como resultado dessa estrutura assimétrica, formam-se dois **enantiômeros**, que são a imagem especular um do outro.

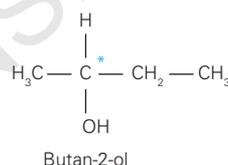
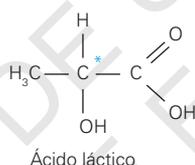
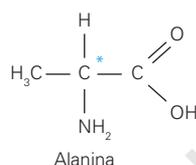
### Exemplo



A condição para que uma molécula seja assimétrica é a presença de um **carbono assimétrico**, também conhecido como **carbono quiral**. Um carbono assimétrico é aquele que faz quatro ligações simples com quatro ligantes diferentes. A presença desse carbono na molécula é a principal condição para se ter uma isomeria óptica.



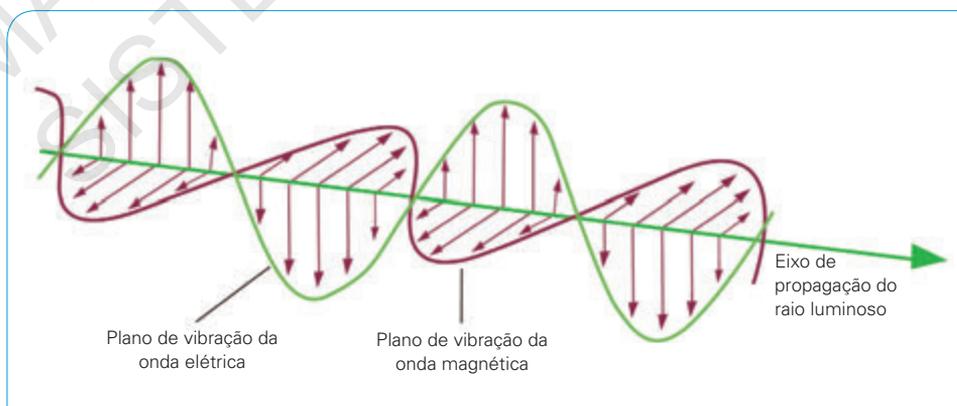
A representação de um carbono assimétrico em uma molécula é feita com o uso de um asterisco (\*), conforme os exemplos a seguir.



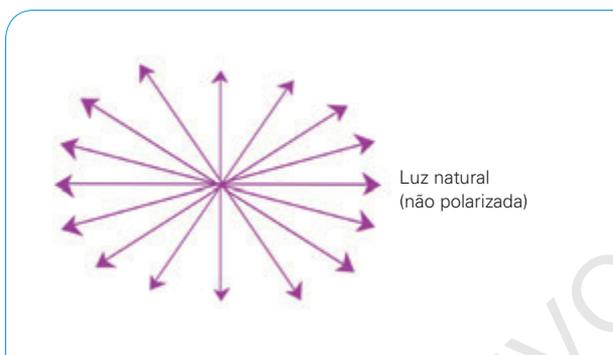
Os isômeros ópticos têm a capacidade de desviar o plano da luz polarizada.

## Polarização da luz

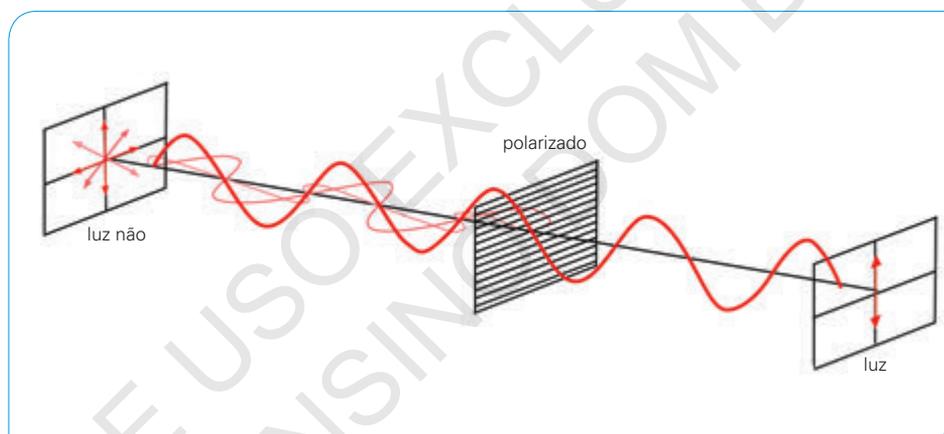
A luz natural é uma modalidade de energia radiante. Nela, as propagações de ondas eletromagnéticas ocorrem em todos os planos dos eixos cartesianos (xy), conforme representado a seguir.



Para explicitar essa característica, costuma-se representar uma luz não polarizada como sendo a superposição de diversos vetores de um dos seus campos (elétrico ou magnético), com diferentes direções.

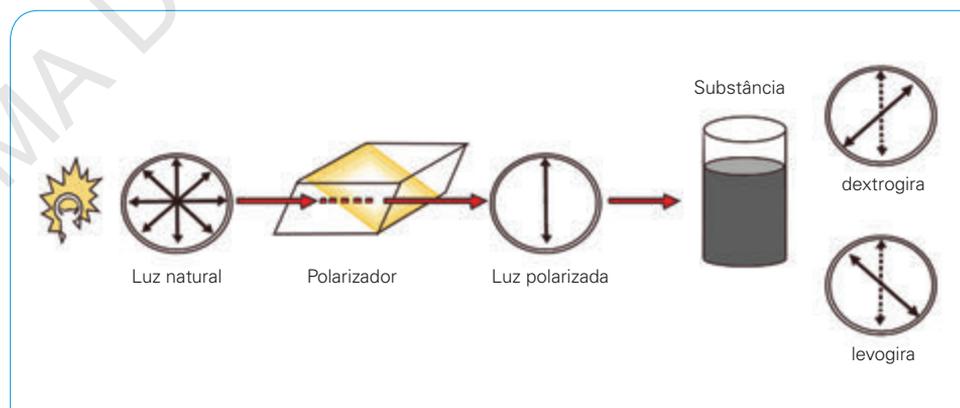


Por outro lado, a luz polarizada vibra em um único plano. Pode-se obtê-la fazendo a luz natural atravessar um polarizador (ou substância polarizadora), como uma lente polaroide de óculos de sol.



O desvio da luz polarizada, por determinadas moléculas assimétricas, pode ocorrer em dois sentidos:

- desvio para o lado direito = isômero dextrogiro (d ou R);
- desvio para o lado esquerdo = isômero levogiro (l ou S).



As substâncias que conseguem desviar o plano da luz polarizada são chamadas de **substâncias opticamente ativas (IOA)**. A mistura, em quantidades equimolares, dessas substâncias resulta em uma **mistura opticamente inativa (IOI)** e pode ser denominada de **mistura racêmica ou racêmico**.

As propriedades físicas (temperatura de fusão, temperatura de ebulição, densidade e solubilidade) de dois isômeros ópticos são iguais, exceto o desvio da luz polarizada,

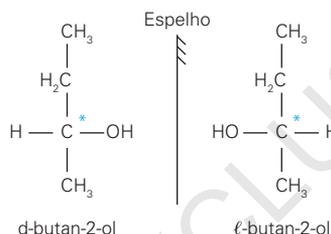
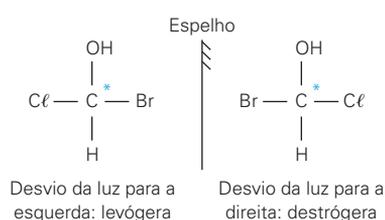
por isso o nome “ópticos” (só se diferenciam na propriedade óptica). Entretanto, a mistura racêmica tem todas as constantes físicas diferentes daquelas dos dois isômeros ópticos. As propriedades químicas dos dois isômeros ópticos e do racêmico são idênticas, porém as propriedades fisiológicas (efeitos fisiológicos) são diferentes.

## ISOMERIA ÓPTICA COM UM CARBONO ASSIMÉTRICO

O carbono assimétrico ou carbono quiral (indicado por um asterisco) é aquele com quatro ligantes diferentes entre si.

As substâncias com um carbono assimétrico apresentam dois isômeros ópticos ativos, ou enantiômeros, sendo um dextrogiro e um levogiro, que desviam a luz polarizada em um mesmo ângulo  $\alpha$ , porém em sentidos opostos. Além dos isômeros opticamente ativos, há uma mistura racêmica.

### Exemplo



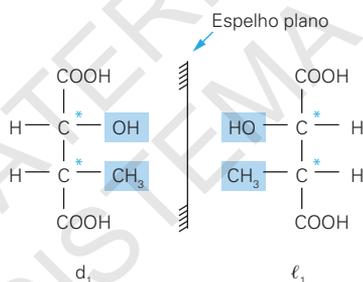
## ISOMERIA ÓPTICA COM DOIS OU MAIS CARBONOS ASSIMÉTRICOS

Quando a molécula tem um ou mais carbonos assimétricos, há, pelo menos, um par de **diastereoisômeros**. Esses isômeros são opticamente ativos, pois desviam a luz polarizada, mas não são a imagem especular um do outro. Da mesma forma que ocorre com os enantiômeros, uma mistura equimolar de diastereoisômeros forma uma mistura racêmica. Se misturamos quantidades iguais dos enantiômeros  $d_1$  e  $l_1$ , temos o racêmico  $r_1$ ; se fazemos o mesmo com os diastereoisômeros  $d_2$  e  $l_2$ , obtemos o racêmico  $r_2$ .

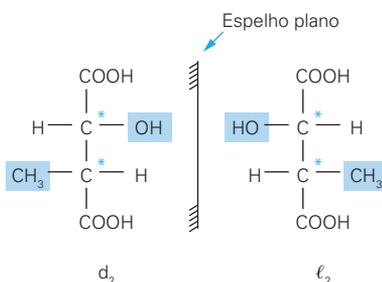
Generalizando e considerando  $n$  o número de carbonos assimétricos diferentes, temos:

- estereoisômeros ativos diferentes entre si  $\Rightarrow 2^n$ ;
- misturas racêmicas  $\Rightarrow \frac{2^n}{2} = 2^{n-1}$ .

### Exemplo



Par de enantiômeros



Diastereoisômeros

$d_1$  e  $d_2$

$l_1$  e  $d_2$

$d_1$  e  $l_2$

$l_1$  e  $l_2$

# ROTEIRO DE AULA

## ISOMERIA GEOMÉTRICA

### Cadeia aberta

Condições:

1. Dupla-ligação entre os carbonos
2. Ligantes diferentes no mesmo carbono

Exemplo (*cis/trans*):

### Cadeia fechada

Condições:

1. Cadeia saturada
2. Ligantes diferentes no mesmo carbono

Exemplo (E/Z):

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## ROTEIRO DE AULA

ISOMERIA  
ÓPTICAMolécula  
assimétricaDesvia o plano da  
luz polarizada

Para a esquerda:

levogiro

Para a direita:

dextrógiro

Não desvia o plano da luz polarizada:

mistura racêmica

Condições:

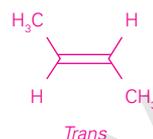
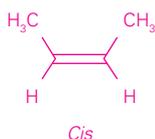
1. Ausência de plano de simetria

2. Presença de carbono assimétrico

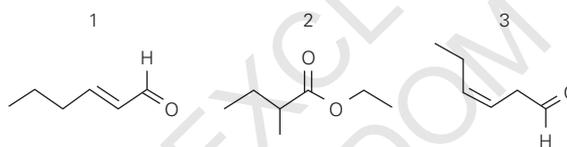
## EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. IFGO – Marque a alternativa que apresenta um composto com isomeria geométrica (*cis-trans*).

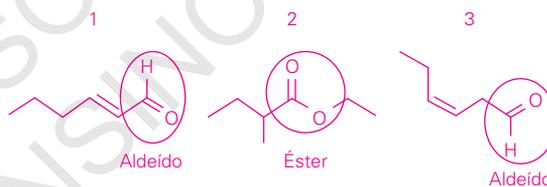
- a) but-2-eno  
 b) buta-1,2-dieno  
 c) propeno  
 d) tetrabromoetileno  
 e) 1,2-dimetilbenzeno



2. Uninove-SP – As fórmulas estruturais de alguns componentes do aroma do azeite de oliva estão representadas as seguir.

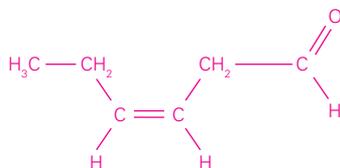


a) Classifique as substâncias 1, 2 e 3 segundo os grupos funcionais que possuem.



b) Indique qual das fórmulas estruturais corresponde a um isômero geométrico do tipo *cis*. Escreva a estrutura completa desse isômero, com todos os átomos representados, com a sua indicação *cis*.

A fórmula estrutural que corresponde a um isômero geométrico é o da substância 3, e a sua indicação do tipo *cis* é:

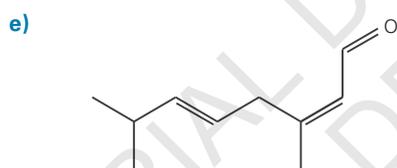
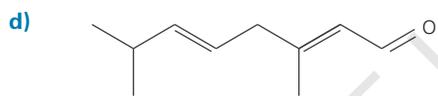
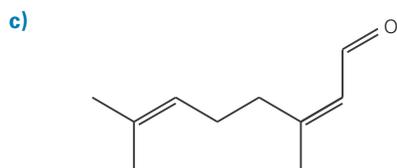
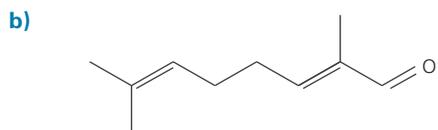
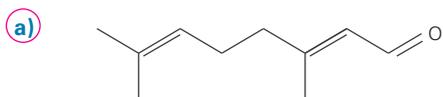


## 3. Enem

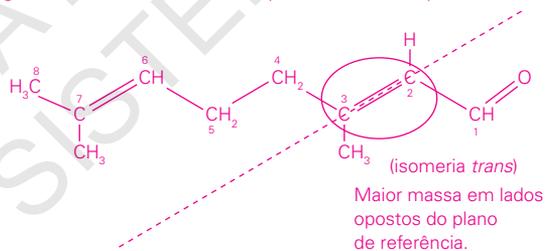
C4-H14

O citral, substância de odor fortemente cítrico, é obtido a partir de algumas plantas como o capim-limão, cujo óleo essencial possui aproximadamente 80%, em massa, da substância. Uma de suas aplicações é na fabricação de produtos que atraem abelhas, especialmente do gênero *Apis*, pois seu cheiro é semelhante a um dos feromônios liberados por elas. Sua fórmula molecular é  $C_{10}H_{16}O$ , com uma cadeia alifática de oito carbonos, duas insaturações, nos carbonos 2 e 6, e dois grupos substituintes metila, nos carbonos 3 e 7. O citral possui dois isômeros geométricos, sendo o *trans* o que mais contribui para o forte odor.

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



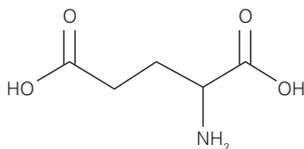
O citral tem fórmula molecular  $C_{10}H_{16}O$ , com uma cadeia alifática de oito carbonos, duas insaturações, nos carbonos 2 e 6, e dois grupos substituintes metila, nos carbonos 3 e 7. O citral possui dois isômeros geométricos, sendo o *trans* o que mais contribui para o forte odor que atrai as abelhas. Então, temos:



**Competência:** Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

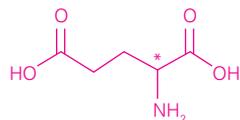
**Habilidade:** Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

4. UEA-AM – A figura representa a fórmula estrutural do ácido glutâmico.



Examinando-se essa estrutura, é correto afirmar que o ácido glutâmico

- a) apresenta carbono assimétrico.  
 b) apresenta isomeria geométrica.  
 c) é uma amina secundária.  
 d) é totalmente insolúvel em água.  
 e) é totalmente solúvel em hidrocarbonetos.



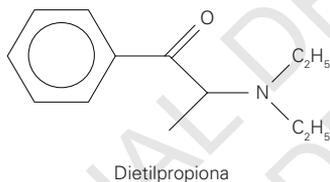
\*: carbono assimétrico – apresenta quatro ligantes diferentes.

#### 5. UFU-MG

A dietilpropiona, também conhecida como anfepramona ou benzoiltriethylamina, é um anorexígeno bastante utilizado em fórmulas para emagrecer, sendo uma das substâncias que eram mais utilizadas no Brasil para tratamento da obesidade. Em outubro de 2011, a Anvisa proibiu a comercialização de anfepramona no Brasil.

Disponível em: <<http://www.copacabanarunners.net/dietilpropiona.html>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

A fórmula química da dietilpropiona é dada a seguir.



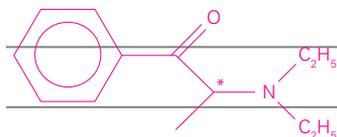
Sobre essa substância, faça o que se pede.

- a) Escreva sua fórmula molecular.

$C_{13}H_{19}NO$

- b) Verifique se a molécula possui carbono quiral, identificando-o, caso exista.

A molécula de dietilpropiona possui um carbono assimétrico (frequentemente denominado carbono quiral), destacado na figura a seguir.




---

---

---

---

---

---

---

---

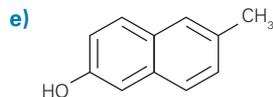
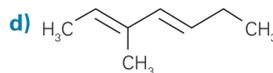
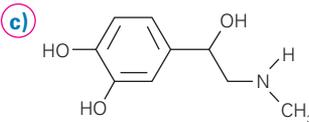
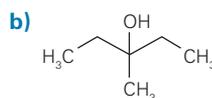
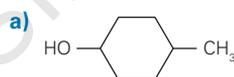
- c) Explique, caso exista, a atividade óptica da dietilpropiona.

Como a dietilpropiona possui um carbono assimétrico (\*), pode desviar o plano da luz polarizada para a esquerda (levogiro) ou a direita

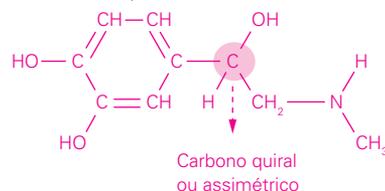
(dextrogiro) ou não desviar o plano da luz polarizada, no caso de uma mistura racêmica.

6. Mackenzie-SP – O fenômeno da isomeria óptica ocorre em moléculas assimétricas que possuem, no mínimo, um átomo de carbono quiral. Os enantiômeros possuem as mesmas propriedades físico-químicas, exceto a capacidade de desviar o plano de uma luz polarizada; por isso, esses isômeros são denominados isômeros ópticos.

De acordo com essas informações, o composto orgânico a seguir que apresenta isomeria óptica está representado em

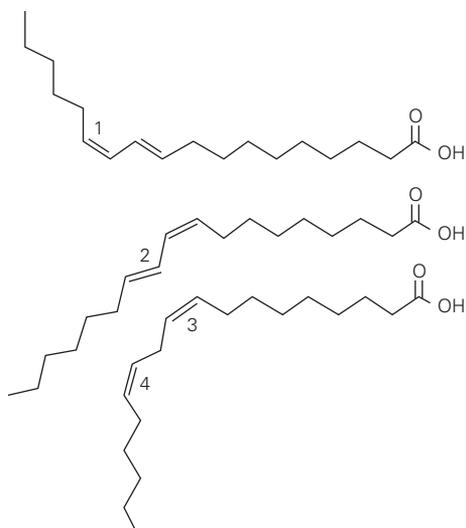


O composto orgânico que apresenta isomeria óptica possui carbono quiral ou assimétrico (átomo de carbono ligado a quatro ligantes diferentes entre si).



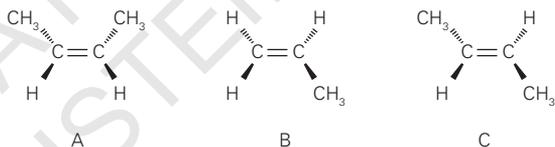
## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**7. Univag-MT (adaptado)** – O termo ácido linoleico conjugado refere-se a uma mistura de isômeros espaciais do ácido linoleico, também conhecido como ácido graxo ômega-6. A figura a seguir apresenta uma mistura de três isômeros do ácido linoleico.



Identifique cada insaturação, assinalada com o número 1, 2, 3 ou 4, como sendo *cis* ou *trans*.

**8. UEG-GO** – Hidrocarbonetos contendo apenas uma ligação dupla entre átomos de carbono são classificados como alcenos e podem apresentar isomeria e diferentes propriedades físicas. A seguir, são fornecidas as estruturas de algumas dessas moléculas.



A análise das estruturas químicas apresentadas indica que

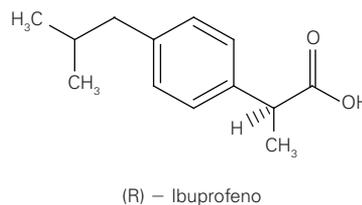
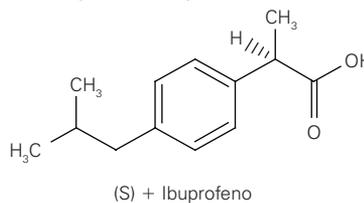
- A, B e C apresentam isomeria geométrica.
- B apresenta isomeria geométrica *cis*.
- A e C representam isomeria geométrica *cis* e *trans*, respectivamente.
- A e B são isômeros de posição.
- C apresenta isomeria geométrica *cis*.

**9. UEL-PR** – Leia a charge a seguir.



Disponível em: <portaldoprofessor.mec.gov.br>. Acesso em: 15 jun. 2016.

A charge evidencia uma situação cotidiana relacionada à compra de medicamentos, na qual ocorrem dúvidas por parte da consumidora, tendo em vista os diferentes medicamentos comercializados: os de marca, os similares e os genéricos. Essa dúvida, no entanto, não deveria existir, pois os diferentes tipos de medicamentos devem apresentar o mesmo efeito terapêutico. O que não se sabe, por parte da população em geral, é que muitos medicamentos são vendidos na forma de dois isômeros ópticos em quantidades iguais, mas apenas um deles possui atividade terapêutica. Por exemplo, o ibuprofeno é um anti-inflamatório que é comercializado na sua forma (S) + (ativa) e (R) – (inativa), conforme mostram as figuras a seguir.

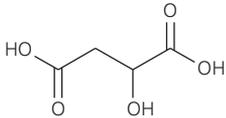
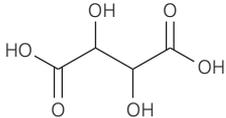
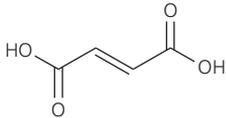


Com base nessas informações, considere as afirmativas a seguir.

- O ibuprofeno é comercializado na forma de racemato.
  - Os dois isômeros são diastereoisômeros.
  - Os dois isômeros apresentam isomeria de posição.
  - Os dois isômeros possuem pontos de fusão iguais.
- Assinale a alternativa correta.
- Somente as afirmativas I e II são corretas.
  - Somente as afirmativas I e IV são corretas.
  - Somente as afirmativas III e IV são corretas.
  - Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
  - Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

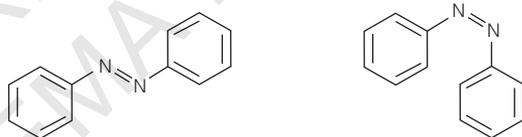


tartárico é utilizado pela indústria de alimentos na produção de fermentos. Já o ácido fumárico é empregado como agente flavorizante, para dar sabor a sobremesas e proporcionar ação antioxidante.

| Ácido málico  | Ácido tartárico   | Ácido fumárico   |
|---|---|--|
|  |  |  |

Qual dos ácidos representados anteriormente apresenta isomeria geométrica? Desenhe as suas estruturas isoméricas.

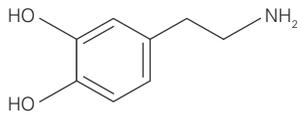
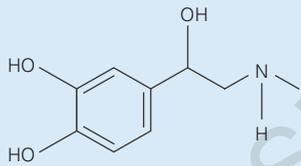
**15. PUC-RJ** – Na representação a seguir, encontram-se as estruturas de duas substâncias com as mesmas fórmulas moleculares.



Essas substâncias possuem uma relação de isomeria

- a) de cadeia.
- b) de posição.
- c) de função.
- d) geométrica.
- e) óptica.

16. **UERJ** – A dopamina e a adrenalina são neurotransmissores que, apesar da semelhança em sua composição química, geram sensações diferentes nos seres humanos. Observe as informações da tabela.

| Neurotransmissor | Fórmula estrutural   | Sensação produzida |
|------------------|--|--------------------|
| Dopamina         |  | Felicidade         |
| Adrenalina       |  | Medo               |

Indique a função química que difere a dopamina da adrenalina e identifique o neurotransmissor com isomeria óptica, escrevendo sua fórmula molecular.

---



---



---



---



---



---

17. **Unisc-RS** – Em relação à molécula do ácido 2-amino-3-hidroxiopropanoico, conhecido também por serina, pode-se afirmar que

- apresenta um carbono assimétrico.
- se constitui numa proteína essencial para o organismo humano.
- contém um carbono hibridizado  $sp^2$  e dois carbonos hibridizados  $sp$ .
- apresenta isomeria espacial geométrica.
- tem fórmula molecular  $C_3H_6NO_3$  e três carbonos primários.

## ESTUDO PARA O ENEM

### 18. Enem

C7-H24

O estudo de compostos orgânicos permite aos analistas definir propriedades físicas e químicas responsáveis pelas características de cada substância descoberta. Um laboratório investiga moléculas quirais cuja cadeia carbônica seja insaturada, heterogênea e ramificada. A fórmula que se enquadra nas características da molécula investigada é

- $CH_3-(CH_2)_2-CH(OH)-CO-NH-CH_3$ .
- $CH_3-(CH_2)_2-CH(CH_3)-CO-NH-CH_3$ .
- $CH_3-(CH_2)_2-CH(CH_3)-CO-NH_2$ .
- $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CO-NH-CH_3$ .
- $C_6H_5-CH_2-CO-NH-CH_3$ .

### 19. Enem

C4-H14

A talidomida é um sedativo leve e foi muito utilizado no tratamento de náuseas, comuns no início da gravidez. Quando foi lançada, era considerada segura para o uso de grávidas,

sendo administrada como uma mistura racêmica composta pelos seus dois enantiômeros (R e S). Entretanto, não se sabia, na época, que o enantiômero S leva à malformação congênita, afetando principalmente o desenvolvimento normal dos braços e pernas do bebê.

COELHO, F. A. S. Fármacos e quiralidade. In: Cadernos Temáticos de *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 3, maio 2001. Adaptado.

Essa malformação congênita ocorre porque esses enantiômeros

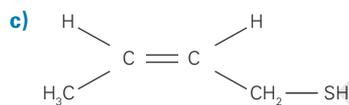
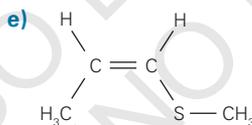
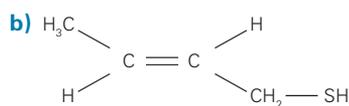
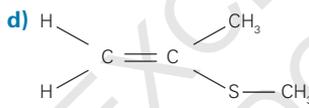
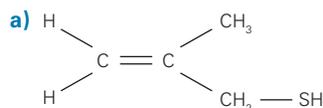
- a) reagem entre si.
- b) não podem ser separados.
- c) não estão presentes em partes iguais.
- d) interagem de maneira distinta com o organismo.
- e) são estruturas com diferentes grupos funcionais.

## 20. Enem

C4-H14

Em algumas regiões brasileiras, é comum se encontrar um animal com odor característico, o zorrilho. Esse odor serve para proteção desse animal, afastando seus predadores. Um dos feromônios responsáveis por esse odor é uma substância que apresenta isomeria *trans* e um grupo tiol ligado à sua cadeia.

A estrutura desse feromônio, que ajuda na proteção do zorrilho, é



MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

# RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

## QUÍMICA 1

## APRESENTAÇÃO

A química engloba conhecimentos sobre produtos químicos e suas transformações, que têm permitido a humanidade lidar com as diversidades de sua existência. Somente no século XVIII a química se estabeleceu como ciência, sendo a mais jovem entre as ciências da natureza.

Trabalhar o saber científico em nível didático é um desafio de todas as disciplinas. Este material reúne o imenso acervo de conhecimento acumulado da química em linguagem fácil e objetiva, de modo a possibilitar entendimento da escala micro a partir da macro. Procuramos interligar aspectos da realidade cotidiana dos alunos com base teórica e quadro Leitura Complementar, esperando atingir aprendizado significativo da química. Isso tudo está exigindo um novo perfil de estudante.

O conteúdo didático está organizado em três frentes. Gradualmente, a 1 e a 2 abordam a química geral, a inorgânica e a físico-química. A frente 3 trata exclusivamente da química orgânica, fazendo relações, quando necessário, com os tópicos das outras partes. Essa organização dá margem a contemplar todos os conteúdos de química exigidos pelos PCN, adaptando-se aos diversos concursos pré-vestibulares do país. O material traz, ainda, contextos possíveis para o trabalho com diversas competências e habilidades da proposta do Enem.

Algumas habilidades que direcionaram a produção dos módulos:

- Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.
- Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.
- Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

Consideramos que o professor tenha à sua disposição um instrumento didático que lhe possibilita melhor desempenho no trabalho de desenvolver o pensamento crítico dos estudantes.

## CONTEÚDO

### QUÍMICA 1

| Volume | Módulo | Conteúdo   |
|--------|--------|--|
| 1      | 1      | Os primeiros modelos atômicos  |
|        | 2      | Relações atômicas e o modelo atômico de Böhr                                       |
|        | 3      | Distribuição eletrônica e estudo da Tabela Periódica                               |
|        | 4      | Propriedades periódicas  |
|        | 5      | Ligação iônica, números quânticos e hibridização                                   |
|        | 6      | Ligações covalentes  |
|        | 7      | Ligação metálica e geometria molecular   |
|        | 8      | Polaridade de ligações e de moléculas  |
|        | 9      | Interações intermoleculares, massa atômica, massa atômica média e massa molecular  |
|        | 10     | Constante de Avogadro, massa molar, mol e cálculo do número de átomos e moléculas  |
|        | 11     | Determinação de fórmulas e leis ponderais  |
|        | 12     | Cálculos estequiométricos I: mol-mol, massa-massa, massa-mol, volume-mol           |
|        | 13     | Cálculos estequiométricos II: limitantes e reações sucessivas, pureza e rendimento |
|        | 14     | Gases I: variáveis de estado, transformações gasosas e equação geral dos gases     |
|        | 15     | Gases II: princípio de Avogadro, volume molar e equação de Clapeyron               |
|        | 16     | Gases III: misturas gasosas, densidade, difusão e efusão                           |

## QUÍMICA 2

| Volume | Módulo | Conteúdo   |
|--------|--------|--|
| 1      | 1      | Substâncias puras, misturas e separação de misturas heterogêneas                   |
|        | 2      | Separação de misturas homogêneas e introdução às funções inorgânicas: ácido        |
|        | 3      | Funções inorgânicas: ácidos e bases  |
|        | 4      | Funções inorgânicas: sais  |
|        | 5      | Funções inorgânicas: Sais – solubilidade; Óxidos – definição e nomenclatura        |
|        | 6      | Funções inorgânicas: classificações dos óxidos e reações de síntese e decomposição |
|        | 7      | Reações inorgânicas de simples troca e dupla troca                                 |
|        | 8      | Número de oxidação e agentes oxidantes e redutor                                   |

## QUÍMICA 3

| Volume | Módulo | Conteúdo   |
|--------|--------|--|
| 1      | 1      | Química orgânica e classificação das cadeias carbônicas                                      |
|        | 2      | Hidrocarbonetos de cadeias normal e ramificada   |
|        | 3      | Petróleo e funções orgânicas oxigenadas: álcool, enol, fenol e éter                          |
|        | 4      | Funções orgânicas oxigenadas: aldeído, cetona, ácido carboxílico e sais de ácido carboxílico |
|        | 5      | Funções orgânicas: Oxigenada – Éster e nitrogenadas – amina e amida                          |
|        | 6      | Funções nitrogenadas e halogenadas e propriedades físicas dos compostos orgânicos            |
|        | 7      | Isomeria plana de: função, cadeia, posição, compensação e tautomeria                         |
|        | 8      | Isomeria geométrica e óptica   |

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO BOSCO

## 1 OS PRIMEIROS MODELOS ATÔMICOS

### Comentários sobre o módulo

O conceito de átomo é abordado com base em diferentes modelos atômicos, cujos contextos históricos e científicos são levados em consideração, de tal forma que o aluno entenda o caráter provisório e coletivo da ciência.

São apresentados, de forma sucinta, o modelo atômico de Rutherford e as partículas fundamentais.

### Para ir além

Evolução dos modelos atômicos de Leucipo a Rutherford. Disponível em:

<https://docente.ifrn.edu.br/denilsonmaia/evolucao-dos-modelos-atomicos>

Acesso em: fev. 2018.

- Excelente trabalho sobre a evolução dos modelos atômicos dos filósofos até Rutherford.

Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. Disponível em:

<http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc20/v20a07.pdf>

Acesso em: fev. 2018.

- Artigo que faz uma breve resenha de aspectos das teorias filosóficas precedentes à elaboração daltoniana e que procura mostrar o encadeamento até o aparecimento da obra do químico inglês. *Química Nova na Escola*, n. 20. p. 38-44, 2004.

Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. Disponível em:

[http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc35\\_2/08-PE-81-10.pdf?agreq=modelos%20atomicos&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnit,rvq](http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc35_2/08-PE-81-10.pdf?agreq=modelos%20atomicos&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnit,rvq)

Acesso em: fev. 2018.

- Material sobre a importância da concepção adequada do que é modelo científico.

Cibercultura em ensino de química: elaboração de um objeto virtual de aprendizagem para o ensino de modelos atômicos. Disponível em:

[http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc33\\_2/01-EQM3010.pdf?agreq=modelos%20atomicos&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnit,rvq](http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc33_2/01-EQM3010.pdf?agreq=modelos%20atomicos&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnit,rvq)

Acesso em: fev. 2018.

- Representação de modelos atômicos utilizando aplicativos computacionais.

A formação inicial em química baseada em conceitos representados por meio de modelos mentais. Disponível em:

<http://submission.quimicanova.sbg.org.br/qn/qnol/2010/vol33n8/32-ED10013.pdf?agreq=modelos%20atomicos&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnit,rvq>

Acesso em: fev. 2018.

- Material sobre a utilização de modelos mentais no ensino de química.

Para enriquecer mais a aula, pode-se sugerir aos alunos que assistam aos vídeos a seguir ou até mesmo os exibir em sala, se julgar que é possível.

Vídeo sobre como e em que circunstâncias Thomson descobriu a existência dos elétrons. Disponível em:

[http://www.e-quimica.iq.unesp.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=73:experimento-de-thomson&catid=36:videos&Itemid=55](http://www.e-quimica.iq.unesp.br/index.php?option=com_content&view=article&id=73:experimento-de-thomson&catid=36:videos&Itemid=55)

- Vídeo sobre bombardeamento de uma finíssima placa de ouro com um feixe de partículas positivas (alfa) – experimento de Rutherford.

Como auxílio na preparação para a prova do Enem, o MEC, em parceria com o Sesi e a TV Escola, disponibilizou aos estudantes, em 2016, uma ferramenta valiosa: a plataforma Hora do Enem. Essa plataforma é um aplicativo disponível para web e Android, que conta com um grande banco de exercícios e videoaulas. Essa iniciativa oferece, por meio da internet, um conjunto de ações, como simulados e videoaulas, para auxiliar os estudantes. A novidade desse espaço é que o interessado recebe um diagnóstico conforme o perfil apresentado, com um plano de estudos individualizado, com base no curso pretendido e em suas necessidades específicas. Além da plataforma virtual, é exibido todos os dias, às 18h, com reprises às 7h e às 13h e no fim de semana, em mais de 40 canais em todo o Brasil, um programa de TV denominado Hora do Enem. O acesso à plataforma está disponível em:

<http://tvescola.mec.gov.br/tve/serie/hora-do-enem/conheca>

- Representação de modelos atômicos utilizando aplicativos computacionais.
- Material sobre a utilização de modelos mentais no ensino de química.

Para enriquecer mais a aula, pode-se sugerir que os alunos assistam aos vídeos a seguir em casa ou em sala, se julgar que é possível.

[http://www.e-quimica.iq.unesp.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=73:experimento-de-thomson&catid=36:videos&Itemid=55](http://www.e-quimica.iq.unesp.br/index.php?option=com_content&view=article&id=73:experimento-de-thomson&catid=36:videos&Itemid=55)

- Vídeo sobre como e em que circunstâncias Thomson descobriu a existência dos elétrons.

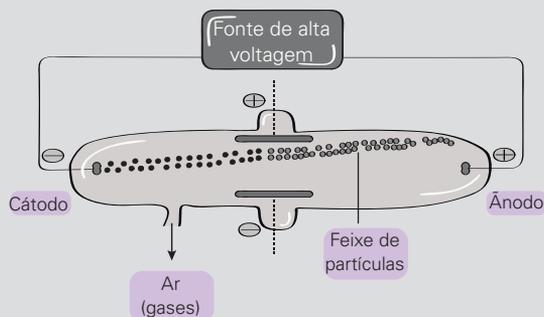
[http://www.e-quimica.iq.unesp.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=72:experimento-de-rutherford&catid=36:videos&Itemid=55](http://www.e-quimica.iq.unesp.br/index.php?option=com_content&view=article&id=72:experimento-de-rutherford&catid=36:videos&Itemid=55)

- Vídeo sobre bombardeamento de uma finíssima placa de ouro com um feixe de partículas positivas (alfa) – experimento de Rutherford.

## Exercícios propostos

7. De acordo com esse esquema, o feixe de elétrons ou raio catódico (carga negativa) aproxima-se de A quando essa placa é positiva e B, negativa.

Thomson acrescentou um par de placas metálicas a um tubo de descargas e verificou que os raios catódicos podem ser desviados na presença de um campo elétrico.



Observe que, na figura anterior, o feixe de partículas que sai do polo negativo (cátodo) sofre um desvio acentuado em direção à placa positiva.

8. a) São partículas de cargas elétricas positivas, emitidas na desintegração de átomos radioativos.  
b) Porque a maior parte do átomo é vazia.  
c) Porque o núcleo do átomo é muito pequeno e positivo (cargas elétricas repelem-se).

9. B

Com base nos estudos de seus postulados, Dalton enunciou as seguintes características para o que ficou conhecido como o primeiro modelo atômico.

Qualquer espécie de matéria é formada por átomos.

Os átomos são partículas extremamente pequenas, esféricas, maciças, indivisíveis e indestrutíveis.

Os átomos não podem ser transformados em outros tipos de átomo.

As transformações da matéria são reagrupamentos de átomos.

10. C

Dentre os postulados de Dalton, temos: os elementos são constituídos por partículas muito pequenas chamadas átomos; todos os átomos de um dado elemento são idênticos, tendo os mesmos tamanho, massa e propriedades químicas; os átomos dos diferentes elementos distinguem-se entre si em, pelo menos, uma propriedade; cada átomo é representado por um símbolo.

11. A

De acordo com as observações experimentais, o átomo não poderia ser uma esfera maciça, pois a

maioria das partículas atravessava a lâmina e poucas desviavam ou nem a atravessavam.

12. B

Modelo atômico de Rutherford: o átomo era formado por um núcleo, onde havia carga positiva concentrada, e por uma eletrosfera, onde se concentrava a carga negativa.

Modelo atômico de Dalton: os átomos dos diferentes elementos têm diferentes propriedades, mas todos os átomos do mesmo elemento são exatamente iguais.

Modelo atômico de Thomson: o átomo era formado por elétrons presos a uma esfera onde havia carga elétrica positiva.

13. E

Dentre todas as alternativas, a única que não pode ser atribuída ao modelo proposto por Rutherford é a E, pois não foi possível a determinação das órbitas dos elétrons.

14. A

Uma reação química envolve somente combinação, separação e rearranjo dos átomos, não havendo criação ou destruição de átomos.

15. O texto apresenta dois erros:

Os elétrons são partículas de carga negativa, e não positiva.

O modelo de pudim com passas é atribuído a J. J. Thomson, e não a Rutherford..

16. Em 1897, depois de exaustivas análises dos resultados dos experimentos realizados com tubo de raios catódicos, Thomson concluiu que tais raios catódicos eram constituídos, na verdade, de um fluxo de partículas menores que o átomo e dotadas de carga elétrica negativa (elétrons). Assim, pela proposta de Thomson, foi descoberta a existência de subpartículas e consumada a ideia da divisibilidade do átomo. Dessa maneira, Thomson sugeriu que os elétrons estariam mergulhados em uma massa homogênea e positiva, como passas em um pudim.

17. D

Átomos de elementos diferentes têm massa, tamanho e propriedades químicas diferentes entre si.

Átomos de um mesmo elemento têm massa, tamanho e propriedades químicas iguais entre si.

Átomo é a menor porção da matéria, apresenta-se como esfera maciça e indivisível.

## Estudo para o Enem

### 18. C

O átomo de Rutherford é dotado de um núcleo muito pequeno, onde estão os prótons, partículas de carga positiva, que concentram praticamente toda a massa do átomo.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

### 19. D

Thomson já havia descrito o átomo como um ente que contém partículas positivas e negativas.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações-problema, inter-

pretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

### 20. A

Uma das proposições de Dalton é esta: átomos não são criados, destruídos ou convertidos em outros átomos durante uma transformação química; ocorre um rearranjo deles.

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO  
SISTEMA DE ENSINO DOMÉSTICO

## 2 RELAÇÕES ATÔMICAS E MODELO ATÔMICO DE BÖHR

### Comentários sobre o módulo

Aqui trabalhamos com a construção do conceito de elemento químico. Ocorre a vinculação da ideia de elemento químico ao número atômico. A descoberta dos isótopos e que átomos de um mesmo elemento químico podem apresentar massas diferentes.

Abordamos aqui também os avanços que a descrição do átomo elaborada por Böhr propiciou; as limitações do átomo de Thomson e de Rutherford e a ideia dos níveis de energia proposta por Böhr; a existência de falhas no modelo de Böhr e o que hoje é aceito como região orbital do elétron.

### Para ir além

Núcleos exóticos e síntese dos elementos químicos. Disponível em:

<[http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2012/vol35n2/23-RV11085\\_cor.pdf?agreq=isotopos%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2012/vol35n2/23-RV11085_cor.pdf?agreq=isotopos%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: fev. 2018.

- Excelente trabalho sobre a síntese de elementos, aborda com riqueza os isótopos.

Cibercultura em ensino de química: elaboração de um objeto virtual de aprendizagem para o ensino de 15 modelos atômicos. Disponível em:

<[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33\\_2/01-EQM3010.pdf?agreq=modelos%20atomicos&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33_2/01-EQM3010.pdf?agreq=modelos%20atomicos&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: fev. 2018.

- Representação de modelos atômicos utilizando aplicativos computacionais.

Estrutura atômica e formação dos íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do Ensino Médio. Disponível em:

<[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc31\\_4/10-AF-6008.pdf?agreq=distribui%C3%A7%C3%A3o%20eletronica%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc31_4/10-AF-6008.pdf?agreq=distribui%C3%A7%C3%A3o%20eletronica%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: fev. 2018.

- Excelente material a respeito das concepções dos alunos do 3º ano do EM.

A história e a arte cênica como recursos pedagógicos para o ensino de química: uma questão interdisciplinar. Disponível em:

<[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc32\\_1/03-EA-2409.pdf?agreq=linus%20pauling%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc32_1/03-EA-2409.pdf?agreq=linus%20pauling%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: fev. 2018.

- Material sobre a importância da história e das artes cênicas no ensino de química.

Cibercultura em ensino de química: elaboração de um objeto virtual de aprendizagem para o ensino de modelos atômicos. Disponível em:

<[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33\\_2/01-EQM3010.pdf?agreq=modelos%20atomicos&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33_2/01-EQM3010.pdf?agreq=modelos%20atomicos&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: fev. 2018.

- Representação de modelos atômicos, utilizando aplicativos computacionais.

A linguagem química e o ensino da química orgânica. Disponível em:

<[http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol31No4\\_921\\_33-ED08026.pdf?agreq=n%C3%BAmeros%20at%C3%B4mico%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol31No4_921_33-ED08026.pdf?agreq=n%C3%BAmeros%20at%C3%B4mico%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: fev. 2018.

- Material sobre a utilização de linguagens e representações simbólicas no ensino de química.

Para enriquecer mais a aula, pode-se sugerir aos alunos que assistam aos vídeos a seguir em casa ou mesmo na sala de aula, se julgar que é possível. Disponível em:

<[http://www.e-quimica.iq.unesp.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=85:linhas-espectrais&catid=36:videos&Itemid=55](http://www.e-quimica.iq.unesp.br/index.php?option=com_content&view=article&id=85:linhas-espectrais&catid=36:videos&Itemid=55)>

- Vídeo sobre linhas espectrais do átomo de hidrogênio, com base na teoria atômica de Böhr. Disponível em:

<<http://www.youtube.com/watch?v=0UW90luAJE0&feature=related>>

### Exercícios propostos

#### 7. C

De acordo com as representações, todas as que apresentam sete prótons ( $Z = 7$ ) correspondem ao elemento X, e todas as que possuem seis prótons ( $Z = 6$ ), ao elemento Y. A espécie  $X^-$  tem um elétron a mais(oito); a  $X^+$ , um elétron a menos (seis); a espécie  $Y^-$ , um elétron a mais (sete), em comparação com seus respectivos átomos. Sendo assim, a sequência correta encontrada é: 5 – 1 – 4 – 2 – 3.

#### 8. E

$X^{2+} \rightarrow$  cátion bivalente

Possui dois elétrons a menos, em comparação ao número de prótons, assim X apresenta número atômico (Z) 38.

#### 9. D

Para um átomo neutro:  $p^+ = e^-$ ;  $A = p^+ + n$ .

O cátion bivalente do estrôncio possui 2 elétrons a menos, portanto 36 elétrons, assim:

$p^+ = 38$ ;  $n = 52$ ;  $e^- = 36$ .

10. I) Incorreta. A região de volume muito grande, ocupada pelos elétrons, é denominada de eletrosfera.

II) Correta.

III) Incorreta. De acordo com o postulado de Böhr, o elétron excitado passa para um nível mais energético. Ao sofrer decaimento para o nível estacionário, ele emite um fóton, que, dependendo da frequência, pode ser ou não na forma de luz visível.

11. B

Cada nível eletrônico possui um valor determinado de energia (estado estacionário).

12. E

Em 1915, Sommerfeld observou que as linhas espectrais da luz emitida pelo hidrogênio eram formadas por linhas mais finas e justapostas entre si. Dessa forma, imaginou-se que alguns níveis de energia eram divididos em subníveis, formados por órbitas circulares e elípticas. Posteriormente, constatou-se que essas "linhas finas" de algumas raias dos espectros podiam se dividir em linhas ainda mais finas e próximas quando os átomos de hidrogênio eram expostos a um forte campo magnético.

13. E

O elemento  $X^{2-}$  contém 16 prótons (a partícula de carga positiva presente no átomo) e, por isso, é o enxofre, que tem número atômico 16. O cálcio apresenta 20 prótons, então o valor de  $y$  é 20.

14. B

a) Incorreta. Os elementos possuem as seguintes representações:  ${}_{113}^{288}\text{Nh}$ ,  ${}_{115}^{288}\text{Mc}$ ,  ${}_{117}^{294}\text{Ts}$  e  ${}_{188}^{294}\text{Og}$ .

b) Correta. Os elementos tennessine e oganesson apresentam o mesmo número de massa, sendo, portanto, isóbaros.

c) Incorreta. Todos os elementos citados no texto são artificiais, ou seja, criados em laboratório, sob condições específicas.

d) Incorreta. Os elementos tennessine e oganesson têm o mesmo número de massa, sendo, portanto, isóbaros.

e) Incorreta. Isótonos são elementos que apresentam o mesmo número de nêutrons. Os elementos citados no texto apresentam, respectivamente, 173, 173, 177 e 106. Portanto, apenas os elementos nihonium (Nh) e moscovium (Mc) são isótonos.

15. Elemento químico genérico do gás nobre =  ${}_{10}^{20}\text{A}$ . Portanto, esse gás nobre, no estado fundamental, possui 10 prótons e 10 elétrons.

Assim, o elemento X, no estado fundamental, possui 12 elétrons. O cátion  $X^{2+}$  possui 10 elétrons. Dessa forma, o número atômico do elemento X é 12.

16. C

a) Incorreto. O modelo de Böhr não substitui por completo o modelo de Rutherford, e sim o aperfeiçoa; seu modelo ficou conhecido como Rutherford-Böhr.

b) Incorreto. Böhr não explica a estrutura fina do espectro dos elementos químicos; a parte de subníveis de energia está relacionada com Sommerfeld.

c) Correto

d) Incorreto. Böhr, em seu modelo, afirma que os elementos químicos possuem níveis de energia com valores permanentes para cada camada.

e) Incorreto. A transição de retorno de um elétron de um nível de energia para outro mais interno é acompanhada de liberação de energia.

17. C

a) Incorreto. Não há emissão de energia dentro da mesma órbita.

b) Incorreto. Os subníveis servem para indicar as energias dos elétrons.

c) Correto. Se a velocidade fosse maior ou menor do que um valor devido, o elétron seria ejetado da órbita ou colapsaria com o núcleo. Portanto, a velocidade deve ser constante.

d) Incorreto. O átomo de H não obedece à regra do octeto.

e) Incorreto. O átomo de H apresenta órbitas circulares, e não elípticas.

## Estudo para o Enem

18. D



O íon  $Q^{2-}$  é um ânion, o que significa que ganha elétrons. Nesse caso, o elemento Q ganhou 2 elétrons, ficando com o número de elétrons diferente do número de prótons, ou seja, 2 a mais. Podemos concluir que o elemento Q possui 16 prótons e é o elemento químico enxofre.

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

19. D

O enunciado faz referência ao modelo proposto por E. Rutherford, o qual caracteriza o núcleo como maciço e a eletrosfera como uma região quase vazia. Esse experimento foi realizado com o bombardeamento de núcleos de átomos de ouro por partículas alfa. Com base nos resultados coletados do experimento, foi construído, então, o modelo nuclear do átomo.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da Química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

20. A

a) Correta

b) Incorreta. Para Thomson, o átomo era uma esfera de carga positiva na qual estavam incrustados os elétrons, de carga negativa. Portanto, nessa época, não se tinha conhecimento da eletrosfera.

c) Incorreta. O número atômico é único em cada átomo de determinado elemento químico. Ele corresponde ao número de prótons presentes no núcleo de certo átomo. Cada elemento da Tabela tem um número atômico específico. Podemos falar que o número atômico é a identidade do átomo.

d) Incorreta. A troca ou o compartilhamento de elétrons ocorre quando há combinação entre os átomos, e não através de reação química.

e) Incorreta. O hidrogênio (1H) contém um elétron na sua camada de valência (1s<sup>1</sup>), assim deveria pertencer ao grupo 1 (alcalinos) da Tabela Periódica. Em razão de suas características, o hidrogênio pode ser representado também no grupo 17 (halogênios).

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da Química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO  
SISTEMA DE ENSINO

### 3 DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA E ESTUDO DA TABELA PERIÓDICA

#### Comentários sobre o módulo

Aqui trabalhamos com o conceito de distribuição eletrônica e os diferentes níveis de energia no modelo atômico atual, ou seja, em níveis e subníveis, e os conceitos de elétrons mais energéticos e de valência.

O estudo também está relacionado à Tabela Periódica e busca evidenciar as ideias dos alunos sobre a relevância e o significado da regularidade e de sua consequente previsibilidade na construção do conhecimento. É produtivo solicitar-lhes que deem exemplos de onde, no dia a dia, eles observam as facilidades que a organização, seja de materiais, seja do conhecimento, acarreta. É provável que citem diferentes tipos de loja, como supermercados, farmácias e livrarias.

#### Para ir além

Estrutura atômica e formação dos íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do Ensino Médio. Disponível em:

<[http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc31\\_4/10-AF-6008.pdf?agreq=distribui%C3%A7%C3%A3o%20eletronica%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc31_4/10-AF-6008.pdf?agreq=distribui%C3%A7%C3%A3o%20eletronica%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: fev. 2018.

- Excelente material a respeito das concepções dos alunos do 3º ano do EM.

A história e a arte cênica como recursos pedagógicos para o ensino de química – uma questão interdisciplinar. Disponível em:

<[http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc32\\_1/03-EA-2409.pdf?agreq=linus%20pauling%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc32_1/03-EA-2409.pdf?agreq=linus%20pauling%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: fev. 2018.

- Material sobre a importância da história e das artes cênicas no ensino de química. Disponível em:

Cibercultura em ensino de química: elaboração de um objeto virtual de aprendizagem para o ensino de modelos atômicos.

<[http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc33\\_2/01-EQM3010.pdf?agreq=modelos%20atomicos&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc33_2/01-EQM3010.pdf?agreq=modelos%20atomicos&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: fev. 2018.

- A representação de modelos atômicos, utilizando aplicativos computacionais.

A linguagem química e o ensino da química orgânica. Disponível em:

<[http://quimicanova.sbg.org.br/imagebank/pdf/Vol31No4\\_921\\_33-ED08026.pdf?agreq=n%C3%BAmeros%20at%C3%B4mico%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://quimicanova.sbg.org.br/imagebank/pdf/Vol31No4_921_33-ED08026.pdf?agreq=n%C3%BAmeros%20at%C3%B4mico%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: fev. 2018.

- Material sobre a utilização de linguagens e representações simbólicas no ensino de química.

Para enriquecer ainda mais a aula, pode-se sugerir que os alunos assistam aos vídeos a seguir ou até que o utilizem em sala, se possível.

Vídeo sobre linhas espectrais do átomo de hidrogênio, baseando-se na teoria atômica de Böhr. Disponível em:

<[http://www.e-quimica.iq.unesp.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=85:linhas-espectrais&catid=36:videos&Itemid=55](http://www.e-quimica.iq.unesp.br/index.php?option=com_content&view=article&id=85:linhas-espectrais&catid=36:videos&Itemid=55)>

Acesso em: fev. 2018.

A Tabela Periódica dos elementos químicos prevista por redes neurais artificiais de Kohonen. Disponível em:

<http://submission.quimicanova.sbg.org.br/qn/qnol/2008/vol31n5/39-AR07356.pdf?agreq=tabela%20peri%C3%B3dica&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>

Acesso em: fev. 2018.

- Excelente artigo sobre Tabela Periódica e redes neurais.

Computadores em educação química: estrutura atômica e Tabela Periódica. Disponível em:

[http://quimicanova.sbg.org.br/imagebank/pdf/Vol23No6\\_835\\_18.pdf?agreq=tabela%20peri%C3%B3dica&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://quimicanova.sbg.org.br/imagebank/pdf/Vol23No6_835_18.pdf?agreq=tabela%20peri%C3%B3dica&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)

Acesso em: fev. 2018.

- Material a respeito da Tabela Periódica e de seus impactos em sala de aula.

Tabela Periódica – um supertrunfo para alunos do Ensino Fundamental e Médio. Disponível em:

[http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc32\\_1/05-EA-0509.pdf?agreq=tabela%20peri%C3%B3dica&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc32_1/05-EA-0509.pdf?agreq=tabela%20peri%C3%B3dica&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)

Acesso em: fev. 2018.

- Artigo que apresenta uma forma lúdica para o ensino-aprendizagem da Tabela Periódica.

Para enriquecer ainda mais a aula, pode-se sugerir que os alunos acessem o *site* a seguir. Se possível, utilizá-lo em aula. Disponível em:

<https://www.ptable.com/?lang=pt>

- *Site* interativo em que, ao clicar sobre cada elemento, abre-se uma janela com as propriedades dele.

#### Exercícios propostos

##### 7. E

O elemento químico X é um metal de transição, e não um alcalinoterroso (família IIA).

##### 8. C

${}_{26}^{56}\text{A}$   ${}_{28}^{58}\text{B}$   ${}_{30}^{58}\text{C}$

Distribuição eletrônica do átomo de C:



9. D

Iodo e cloro (que apresentam sete elétrons na camada de valência) são agentes antimicrobianos efetivos, tanto isoladamente como constituintes de compostos inorgânicos e orgânicos.

10.



Alcalinoterroso (prótons) = alcalino

+ 1 p<sup>+</sup> prótons de Y = 38

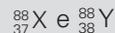
n = 51

A = Z + n

A = 37 + 51

A = 88

Portanto, temos:



11. D

De acordo com a distribuição eletrônica desse elemento, ele possui quatro camadas, indicando estar no 4<sup>o</sup> período e na família dos calcogênios (seis elétrons na CV), que é a família VIA ou 16.

12. B

Distribuição eletrônica dos átomos A, B, C e D:

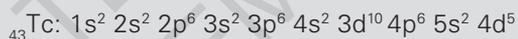
A (Z = 12):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 \rightarrow$  metal alcalinoterroso

B (Z = 21):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1 \rightarrow$  metal de transição externa

C (Z = 36):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 \rightarrow$  gás nobre

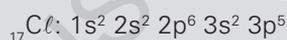
D (Z = 52):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^4 \rightarrow$  calcogênio

13. A



14. A

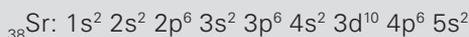
Distribuição eletrônica por subníveis



15. a) Cromo (Cr), manganês (Mn), alumínio (Al) e Ferro (Fe).

b) A distribuição:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$ , Z = 25 pertence ao elemento manganês:  ${}_{25}\text{Mn}$ .

16. D



17. A



n = 6 (sequência da distribuição eletrônica)

Assim, teremos:



## Estudo para o Enem

18. B

O elétron excitado, entretanto, apresenta tendência a retornar ao seu estado natural (fundamental), emitindo um *quantum* de energia eletromagnética (fóton) quando em seu retorno ao subnível de menor energia, que é uma quantidade de energia bem definida e única para cada cátion metálico, a qual pode servir para a sua identificação.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

19. E

O íon ganhou dois elétrons, conforme indicado pela carga 2<sup>-</sup>, então adquiriu a seguinte configuração:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$ . Quando ele ganha elétrons, é feita uma modificação no subnível mais externo, acrescentando-se os elétrons ganhados, no caso o 4p. Isso significa que, antes de ganhar os dois elétrons, ele era da seguinte forma:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^4$ . Esse elemento apresenta seis elétrons na camada de valência. Encontra-se no 4<sup>o</sup> período e grupo 16 ou VIA (calcogênios) da Tabela Periódica.

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. D

O cobre pertence aos elementos químicos de transição externa, grupo 11 ou IB.

Distribuição eletrônica do átomo de cobre:



O subnível  $4s^1$  está semipreenchido, enquanto o subnível  $3d^{10}$  passa a estar completamente preen-

chido, o que gera uma configuração mais estável na natureza. Apesar de contrariar o diagrama de Pauling, essa configuração representa o átomo de cobre no seu estado fundamental.

**Competência:** Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

**Habilidade:** Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## 4 PROPRIEDADES PERIÓDICAS

### Comentários sobre o módulo

Aqui trabalhamos com os critérios utilizados na aplicação das propriedades periódicas ao longo de um período e/ou grupo da Tabela Periódica.

Trabalhamos também com os critérios utilizados na aplicação das propriedades periódicas ao longo de um período e/ou grupo da Tabela Periódica.

### Para ir além

O conceito de eletronegatividade na Educação Básica e no Ensino Superior. Disponível em:

<[http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol34No10\\_1846\\_19-ED11225.pdf?agreq=eletronegatividade&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol34No10_1846_19-ED11225.pdf?agreq=eletronegatividade&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: fev. 2018.

- Excelente artigo sobre ensino de eletronegatividade.

A eletronegatividade dos gases nobres. Disponível em:

<[http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol3No2\\_104\\_v03\\_n2\\_\(3\).pdf?agreq=eletronegatividade&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol3No2_104_v03_n2_(3).pdf?agreq=eletronegatividade&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: fev. 2018.

- Ótimo material sobre eletronegatividade de gases nobres.

Raios-x: fascinação, medo e ciência. Disponível em:

<<http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2009/vol32n1/43-AG07517.pdf?agreq=raio%20at%C3%B4mico&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>>

Acesso em: fev. 2018.

- Aplicação de raios-x em química.

Para enriquecer ainda mais a aula, pode-se sugerir aos alunos que acessem o *site* a seguir. Se possível, utilizá-lo em aula. Disponível em:

<<https://www.ptable.com/?lang=pt>>

Acesso em: fev. 2018.

- Ótimo material acerca da eletronegatividade de gases nobres.

Raios x: fascinação, medo e ciência. Disponível em:

<http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2009/vol32n1/43-AG07517.pdf?agreq=raio%20at%C3%B4mico&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>

Acesso em: fev. 2018.

- Artigo sobre a aplicação de raios x em química.

Para enriquecer ainda mais a aula, pode-se sugerir que os alunos acessem o *site* a seguir. Se possível, utilizá-lo em aula. Disponível em:

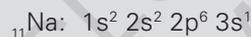
<https://www.ptable.com/?lang=pt>

- *Site* interativo em que, ao clicar sobre cada elemento, abre-se uma janela com as propriedades deles.

### Exercícios propostos

#### 7. A

- Correta. O Li, o K e o Na pertencem ao primeiro grupo da Tabela Periódica, portanto são metais, e uma das características dos metais é perder elétrons em uma ligação química.
- Correta. Os elementos Li, K e Na, ao perderem um elétron, formam os cátions Li<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>.
- Correta. As configurações do sódio e potássio serão:



- Correta. Tanto o antimônio quanto o estrôncio pertencem à família A – representativa.
- Incorreta. Embora ambos apresentem o mesmo número de camadas eletrônicas, o estrôncio possui número atômico menor que o antimônio, exercendo menor atração sobre os elétrons das camadas eletrônicas.

#### 8. C

A semelhança química entre os elementos cálcio e estrôncio ocorre por estes ocuparem o mesmo grupo na Classificação Periódica. Fazendo a distribuição eletrônica de ambos, teremos:



Assim, observa-se que ambos possuem 2 elétrons na sua camada de valência e podem formar cátions bivalentes.

#### 9. D

Análise das afirmações:

- Incorreta. Zinco (4<sup>o</sup> período da Tabela Periódica) apresenta raio atômico menor que o bário (6<sup>o</sup> período da Tabela Periódica).
- Correta. Zn<sup>2+</sup> e Ga<sup>3+</sup> são isoeletrônicos.

Distribuição eletrônica do Zn e Ga no estado fundamental:



Distribuição eletrônica do Zn e Ga na forma iônica:



III) Correta. Bário é o elemento que apresenta menor potencial de ionização pela sua posição na Tabela Periódica, pois apresenta o maior raio.

**10.** O íon  $\text{S}^{2-}$

O raio do ânion é maior que o raio do cátion, pois quanto mais elétrons entrarem na sua camada de valência, maior será a sua repulsão, ocupando, assim, um espaço maior, aumentando seu raio atômico.

**11.** O metal alcalinoterroso responsável pela cor prateada é o magnésio.

A coloração é obtida pelo metal que possui menor raio atômico, ou seja, pelo lítio ( $2^{\circ}$  período da Tabela Periódica): vermelha.

**12.** D

I) Incorreta. O raio atômico do potássio (K) é maior que o raio atômico do arsênio (As).

IV) Incorreta. O raio atômico do cátion  $\text{Na}^+$  é menor que o raio atômico do ânion  $\text{O}^{2-}$ .

**13.** A eletronegatividade é a tendência que um átomo possui de atrair elétrons para perto de si, quando se encontra ligado a um elemento químico diferente por meio de uma ligação covalente, isto é, em que há o compartilhamento dos elétrons, considerando essa molécula como estando isolada. A eletronegatividade é uma propriedade periódica que aumenta da esquerda para a direita e de baixo para cima na Tabela Periódica. Assim, a ordem crescente de eletronegatividade é: potássio < sódio < cloro < flúor.

**14.** D

O caráter metálico aumenta com o aumento do raio atômico, ou seja, na Tabela Periódica, o caráter metálico aumenta da direita para a esquerda, isto é, com a diminuição do número atômico, e de cima para baixo, também com a diminuição do número atômico.

**15.** D

Para garantir a maior eficiência, o material a ser utilizado para a fabricação de células fotoelétricas deve apresentar baixa energia de ionização, ou seja, deve necessitar de uma baixa energia para a retirada do elétron  $e$ , assim, produzir o efeito fotoelétrico com boa eficiência.

**16. a)** Espécies isoeletrônicas:  $\text{S}^{2-}$ , Ar,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ; ordem decrescente de raio:  $\text{S}^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Ar} > \text{Ca}^{2+}$ .

**b)**  $\text{Cl}^-$ . Quanto menor o raio, maior a facilidade de atrair o elétron.

**17.** C

**a)** Incorreto. O mercúrio é o único metal líquido à temperatura ambiente.

**b)** Incorreto. Embora algumas tabelas ilustrem o hidrogênio localizado acima do lítio, em razão do fato de apresentar um elétron na camada de valência, ele não é um metal alcalino; o hidrogênio não pertence a nenhuma família da TP.

**c)** Correto. O potássio é o elemento situado mais à direita do período onde está localizado, o que o caracteriza como o mais eletropositivo desse período.

**d)** Incorreto. O oxigênio é o mais eletronegativo dessa família, já que a eletronegatividade aumenta de baixo para cima e da esquerda para a direita na Tabela.

## Estudo para o Enem

**18.** C

De acordo com o texto: “só em 1962, um químico, depois de longos e engenhosos esforços, conseguiu forçar ‘o Estrangeiro’ (o xenônio) a combinar-se fugazmente com o flúor ávido e vivaz, e a façanha pareceu tão extraordinária que lhe foi conferido o Prêmio Nobel”.

Esse trecho descreve a elevada eletronegatividade do flúor, capaz de formar  $\text{XeF}_4$ .

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

**19.** C

Quanto menor o raio, maior a eletronegatividade, portanto a ordem crescente de eletronegatividade dos elementos que estão no mesmo período é:  $\text{Na} < \text{Mg} < \text{P}$ .

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representa-

ção usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. E



**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## 5 LIGAÇÃO IÔNICA, NÚMEROS QUÂNTICOS E HIBRIDIZAÇÃO

### Comentários sobre o módulo

Aqui trabalhamos com o nível de ligação química iônica entre átomos, mostrando em que situações ela ocorre, respeitando a regra do octeto.

Também foi abordado “O modelo atômico atual — o comportamento dual do elétron, incerteza e orbital”, assim como a caracterização do elétron por quatro números quânticos. Também, para prever a geometria espacial de algumas moléculas, foi abordada a teoria da hibridização.

### Para ir além

Regra do octeto e teoria da ligação química no ensino médio: dogma ou ciência. Disponível em:

[http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol17No3\\_243\\_v17\\_n3\\_\(11\).pdf?agreq=regra%20do%20octeto&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol17No3_243_v17_n3_(11).pdf?agreq=regra%20do%20octeto&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)

Acesso em: fev. 2018.

- Excelente artigo sobre ensino da regra do octeto no Ensino Médio.

Tópicos em ligação química: II – Sobre o mérito da regra do octeto. Disponível em:

[http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol12No3\\_285\\_v12\\_n3\\_\(14\).pdf?agreq=regra%20do%20octeto&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol12No3_285_v12_n3_(14).pdf?agreq=regra%20do%20octeto&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)

Acesso em: fev. 2018.

- Ótimo material acerca da regra do octeto.

Uso combinado de mapas conceituais e estratégias diversificadas de ensino: uma análise inicial das ligações químicas. Disponível em:

[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34\\_2/06-PE-7011.pdf?agreq=liga%C3%A7%C3%A3o%20ionica%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34_2/06-PE-7011.pdf?agreq=liga%C3%A7%C3%A3o%20ionica%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)

Acesso em: fev. 2018.

- Aplicação de mapas mentais no ensino de ligação química.

Concepções dos estudantes sobre ligação química: Disponível em:

<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc24/af1.pdf>

Acesso em: fev. 2018.

- Artigo da revista *Química Nova na Escola* que apresenta uma revisão da literatura a respeito das concepções dos alunos quanto ao tema ligação química, com o intuito de alertar os professores sobre quais são as ideias mais comuns que surgem ao estudar o assunto.

Para enriquecer mais a aula, pode-se sugerir aos alunos que assistam aos seguintes vídeos sobre compostos iônicos e suas propriedades. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=8QuPt8cGbPw>

<https://www.youtube.com/watch?v=79oLhiTdw0s>

*O conceito de hibridização.* Disponível em:

<<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc28/06-CCD-5906.pdf?agreq=HIBRIDIZA%C3%87%C3%83O&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>>

Acesso em: abr. 2018.

- Excelente artigo sobre hibridização.

*Sintonização de estados quânticos: um estudo numérico do oscilador harmônico quântico.* Disponível em:

<<http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2012/vol35n8/32-ED11942.pdf?agreq=n%C3%BAmeros%20qu%C3%A2nticos&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>>

Acesso em: abr. 2018.

- Ótimo material sobre números quânticos.

Para enriquecer mais a aula, sugerir aos alunos os seguintes vídeos sobre compostos iônicos e suas propriedades. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=enJiYaWly0g>>

<<https://www.youtube.com/watch?v=AcinCMPZ5-w>>

Acesso em: abr. 2018.

### Exercícios propostos

7. I) Incorreta. O brilho metálico é característica de compostos que têm ligações metálicas.

II) Correta. Os compostos iônicos apresentam elevadas temperaturas de fusão e ebulição.

III) Correta. Os compostos iônicos apresentam boa condutibilidade de corrente elétrica quando em solução aquosa, por causa da presença de íons livres em solução.

IV) Correta. Como os compostos iônicos têm elevadas temperaturas de fusão, são sólidos nas condições ambientes (25 °C e 1 atm).

V) Incorreta. Os compostos iônicos são solúveis em solventes polares como a água.

8. D

Com base nas informações apresentadas, é correto classificar como substância iônica apenas Y, pois compostos iônicos conduzem corrente no estado líquido, mas não no estado sólido, em que os íons ficam retidos na rede cristalina.

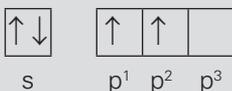
9. A

X = metal      Y = não metal      Z = gás nobre  
 $X^+Y^- \rightarrow XY$  (X e Y combinam-se por ligação iônica).

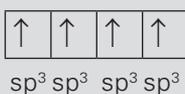
O elemento Z é um gás nobre, portanto estável. Sua última camada está completa, com oito elétrons, não necessita receber ou fornecer elétrons.

**10. a)** O processo necessário que deve ocorrer para que o carbono atenda ao primeiro postulado de Kekulé é a hibridização do carbono.

**b)** Na hibridização do carbono, ocorre a “mistura” de orbitais com a formação de um novo orbital híbrido:



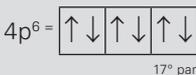
Hibridização (“mistura” de orbitais)



**11. C**

$$17 \cdot 2 = 34 \text{ elétrons}$$

Supondo ↓ como sendo  $-1/2$ , temos:



$$n = 4, \ell = \uparrow, m_\ell = 0, m_s = -1/2, m_s = +1/2$$

**12. 24 (08 + 16)**

**01)** Incorreta. Os números quânticos de spin podem ser  $-1/2$  ou  $+1/2$ .

**02)** Incorreta. O número quântico magnético indica a orientação dos orbitais.

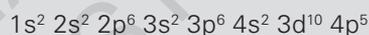
**04)** Incorreta. O número quântico principal indica a camada do elétron.

**08)** Correta.

**16)** Correta.

**13. D**

Distribuição eletrônica do Bromo ( ${}_{35}\text{Br}$ ):

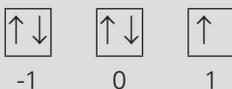


**I)** Correta. O número quântico principal igual a 4.

**II)** Correta. 7 orbitais completos.

**III)** Incorreta. São 7 (2 do  $4s^2$  + 5 do  $4p^5$ ).

**IV)** Correta. O número quântico magnético igual a 0.



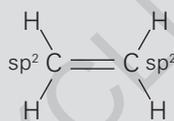
**V.** Correta. O número quântico azimutal é o número quântico secundário, lembre que “p” corresponde a 1.

**14. 19 (01 + 02 + 16)**

**01)** Correta. A ligação C—H na molécula de metano envolve um orbital híbrido do tipo  $sp^3$  do carbono e um orbital tipo s do hidrogênio ( $sp^3-s$ ). O ângulo entre as ligações covalentes é de, aproximadamente,  $109,5^\circ$ .

**02)** Correta. Uma hibridização do tipo  $sp^2$  envolve um orbital atômico do tipo s e dois orbitais atômicos do tipo p. O ângulo entre as ligações covalentes, para ligantes iguais, é de  $120^\circ$ .

**04.** Incorreta. Na molécula de etileno, ocorre uma hibridização do átomo de carbono do tipo  $sp^2$ .



**08)** Incorreta. Na grafite, as hibridizações do átomo de carbono são do tipo  $sp^2$  e, no diamante, são do tipo  $sp^3$ .

**16)** A molécula de  $\text{CO}_2$  é linear porque os orbitais híbridos do tipo sp do átomo de carbono são lineares, e não há influência de pares de elétrons não compartilhados.



**15.** Dentre os metais que produzem cor prateada, o único alcalinoterroso é o magnésio.

O metal que apresenta menor raio atômico é o lítio, e a cor que ele produz, como podemos visualizar na tabela, é a vermelha. Sendo um metal alcalino, ele é monovalente, ou seja, apresenta um elétron na sua camada de valência.

Fórmula mínima do cloreto formado pelo magnésio:  $\text{MgCl}_2$ .

**16. A**

Observando os valores das energias de ionização dos elementos X e Y, notamos que X possui apenas um elétron na camada de valência ( $X^+$ ) e Y, seis elétrons na camada de valência ( $Y^{2-}$ ). A ligação entre esses dois elementos é iônica, e sua fórmula é  $X_2Y$ .

**17. D**

Átomos da família IIA geram cátions bivalentes ( $X^{2+}$ ) – metais alcalinoterrosos.

Átomos da família VIIA geram ânions monovalentes ( $Y^-$ ) – não metais halogênios.

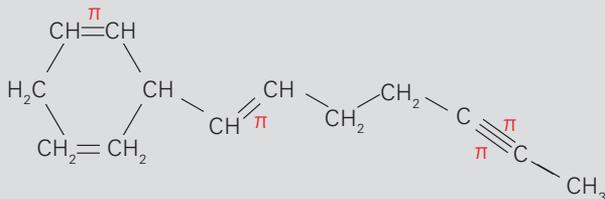
Assim, ligam-se ionicamente (metal  $\times$  não metal), e são necessários dois Y para neutralizar um X.

Fórmula:  $X^{2+}Y^{-} \rightarrow XY_2$  (composto iônico)

### Estudo para o Enem

18. C

A molécula possui 4 ligações  $\pi$ .



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

19. D

X:  $n = 4$ ;  $\ell = 0$ ;  $m_\ell = 0$ ;  $m_s = + 1/2$

Camada principal = 4

Subcamada: s (pois  $s = 0$ ;  $p = 1$ ;  $d = 2$ ;  $f = 3$ )

0

$\uparrow\downarrow$  Primeiro elétron =  $- 1/2$

Assim, teremos que o átomo X possui o elétron de diferenciação:  $4s^2$ . Portanto, sua distribuição eletrônica será:

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

Número atômico = 20

Pertence ao 4º período da família IIA (metais alcalinoterrosos).

Y:  $n = 5$ ;  $\ell = 1$ ;  $m_\ell = 0$ ;  $m_s = + 1/2$

Camada principal = 5

Subcamada: p (pois  $s = 0$ ;  $p = 1$ ;  $d = 2$ ;  $f = 3$ )

-1 0 +1

$\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow$  elétron =  $1/2$

Assim, teremos que o átomo Y possui o elétron de diferenciação  $5p^5$

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^5$

Número atômico = 53

Pertence ao 5º período da família VIIA (família dos halogênios).

**a)** Incorreta. O elemento X é metal alcalino terroso e Y é um halogênio.

**b)** Incorreta. Os números atômicos serão 20 e 53, respectivamente.

**c)** Incorreta. O elemento X possui 2 e<sup>-</sup> na C.V e Y possui 7 e<sup>-</sup> na C.V.

**d)** Correta. O elemento X pertence à família IIA, pode doar 2 e<sup>-</sup> e Y, da família VIIA, recebe 1 e<sup>-</sup> cada, formando o composto.

**e)** Incorreta. X:  $n = 4$ ;  $\ell = 0$ ;  $m_\ell = 0$ ;  $m_s = + 1/2$

Camada principal = 4

Subcamada: s (pois  $s = 0$ ;  $p = 1$ ;  $d = 2$ ;  $f = 3$ )

0

$\uparrow\downarrow$  Primeiro elétron =  $- 1/2$

Assim, teremos que o átomo X possui o elétron de diferenciação:  $4s^2$ . Portanto, sua distribuição eletrônica será:

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

Número atômico = 20

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

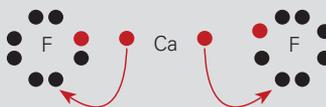
**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

20. B

Distribuição eletrônica:

Ca (Z = 20):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

F (Z = 9):  $1s^2 2s^2 2p^5$



$[Ca^{2+}] [F^{-}] \rightarrow CaF_2$

Portanto, a proporção é 1 : 2.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

## 6 LIGAÇÕES COVALENTES

### Comentário sobre o módulo

Aqui se apresenta a ligação covalente e alguns conceitos químicos que explicam a causa de sua formação tal como regra do octeto. Além disso, introduz as características dos compostos moleculares. Também, em um *box*, aborda a polaridade das ligações covalentes.

Discutimos também o modelo de ligação que se estabelece entre os átomos: ligação covalente coordenada (dativa).

A regra do octeto é apresentada como uma ferramenta útil para a compreensão da ligação covalente coordenada. Sua abordagem é feita a fim de mostrar suas aplicações.

Além da regra do octeto, é comentada a propriedade periódica de eletronegatividade.

### Para ir além

Uma busca na internet por ferramentas para a educação química no ensino médio. Disponível em:

<<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc19/a02Umabusca19.pdf?agreq=liga%C3%A7%C3%A3o%20qu%C3%ADmica%20ensino%20m%C3%A9dio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>>

Acesso em: mar. 2018.

- Excelente artigo sobre ensino de química e as ferramentas na internet.

O conceito de eletronegatividade na educação básica e no ensino superior. Disponível em:

<<http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2011/vol34n10/19-ED11225.pdf?agreq=polaridade%20de%20liga%C3%A7%C3%A3o%20ensino%20m%C3%A9dio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>>

Acesso em: mar. 2018.

- Ótimo material sobre eletronegatividade.

Uso combinado de mapas conceituais e estratégias diversificadas de ensino: uma análise inicial das ligações químicas. Disponível em:

<[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34\\_2/06-PE-7011.pdf?agreq=liga%C3%A7%C3%A3o%20ionica%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34_2/06-PE-7011.pdf?agreq=liga%C3%A7%C3%A3o%20ionica%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: fev. 2018.

- Aplicação de mapas mentais no ensino de ligação química.

Os alótropos do estanho: ocorrências do estanho e as novas soldas sem chumbo usadas em eletrônicos. Disponível em:

<[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34\\_3/04-AQ-45-11.pdf?agreq=alotropia&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34_3/04-AQ-45-11.pdf?agreq=alotropia&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: fev. 2018.

- Excelente material sobre alotropia, mostrando os alótropos de estanho.

Para enriquecer mais a aula, sugerir aos alunos os seguintes vídeos sobre compostos moleculares e suas propriedades. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=Z8G0WYkoRBw>>

<<https://www.youtube.com/watch?v=SPgd0xJ4r54>>

### Exercícios propostos

7.

As ligações que ocorrem entre os átomos de C e H; C e O; C e C são todas do tipo covalente.

8. C

Teremos, de acordo com a regra do octeto:

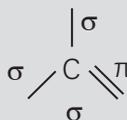


$X^{3+}$ : 3 elétrons na camada de valência (3 perdidos).

$Y^{2-}$ : 6 elétrons na camada de valência (2 recebidos).

9. A

Cada carbono realiza uma ligação dupla (1 sigma e outra pi) e duas simples (sigma) por átomo de carbono; tais ligações não são mostradas na figura, o aluno precisa usar a informação da tetravalência do carbono.



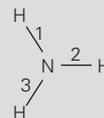
10. 27 (01 + 02 + 08 + 16)

01. Correta.  $K_2O$  é um óxido formado por meio de ligação iônica entre cátions monovalentes ( $K^+$ ) e ânion divalente ( $O^{2-}$ ).

02. Correta. O gás nitrogênio, de fórmula molecular  $N_2$ , apresenta ligações não polares.

04. Incorreta. O ácido perbromico ( $HBrO_4$ ) é um composto molecular, enquanto o ácido bromídrico (HBr) também é um composto molecular.

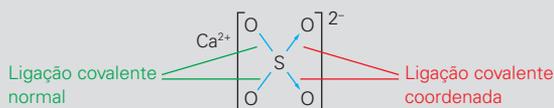
08. Correta. A molécula do gás amônia ( $NH_3$ ) apresenta três ligações covalentes polares.



16. Correta. KBr é um sal inorgânico, com estrutura cristalina, pois apresenta ligações iônicas.

11. E

O cálcio doa dois elétrons aos oxigênios, caracterizando duas ligações iônicas.



12. B



13. C

O composto  $\text{CaCl}_2$  é o único formado por ligação iônica, e os compostos iônicos possuem interações mais intensas quando comparados às covalentes, por serem formados por íons; sendo assim, suas temperaturas de fusão e ebulição são mais intensas.

14. C



Três pares de elétrons compartilhados.

15.

I) Verdadeiro.

II) Falso. Os átomos não interagem entre si, eles se ligam para adquirir estabilidade de um gás nobre.

III) Verdadeiro.

IV) Falso. As ligações envolvendo não metais e metais são chamadas de iônicas.

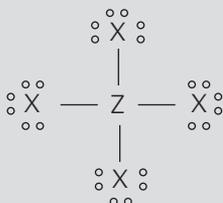
V) Verdadeiro.

16. E

X: apresenta 7 elétrons na sua camada de valência (não metal).

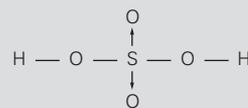
Z: apresenta 4 elétrons na sua camada de valência (não metal).

O elemento químico Z compartilha seus quatro elétrons da camada de valência com 4 átomos do elemento X, formando um composto molecular.



17. C

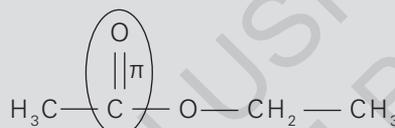
O enxofre faz duas ligações como o oxigênio, e o hidrogênio faz apenas uma ligação. O enxofre pode fazer duas ligações covalentes coordenadas.



## Estudo para o Enem

18. E

A molécula do etanoato de etila possui apenas uma ligação  $\pi$  (pi) em sua estrutura:



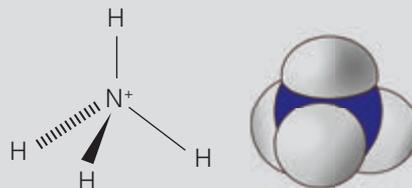
(etanoato de etila)

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

19. B

Observe a imagem a seguir, que mostra as ligações N—H.



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

20. A

Molécula I

O elemento X faz três ligações covalentes normais e uma coordenada, logo ele apresenta 5 elétrons na camada de valência, ou seja, pertence à família VA. Pode ser representado pelo elemento nitrogênio (N).

### Molécula II

O elemento X faz quatro ligações covalentes normais, logo ele apresenta 4 elétrons na camada de valência, ou seja, pertence à família IVA. Pode ser representado pelo elemento carbono (C).

### Molécula III

O elemento X faz duas ligações covalentes normais e duas coordenadas, logo ele apresenta 6 elétrons na camada de valência, ou seja, pertence à família VIA. Pode ser representado pelo elemento enxofre (S).

### Molécula IV

O elemento X faz três ligações covalentes normais e uma coordenada, logo ele apresenta 5 elétrons na camada de valência, ou seja, pertence à família VA. Pode ser representado pelo elemento fósforo (P).

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## 7 LIGAÇÃO METÁLICA E GEOMETRIA MOLECULAR

### Comentário sobre o módulo

Aqui serão estudados o tipo de agregado atômico que constitui as substâncias, a maneira como os átomos estão unidos nesses agregados, suas propriedades, assim como o uso dos metais.

Aqui o assunto geometria molecular é explorado em razão da sua importância na explicação de algumas das propriedades das substâncias moleculares.

### Para ir além

A química do estanho no século 18, ou como uma consulta se transformou num projeto de pesquisa. Disponível em:

<http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2002/vol25n6B/24.pdf?agreq=liga%C3%A7%C3%A3o%20met%C3%A1lica&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>

Acesso em: abr. 2018.

- Excelente artigo sobre o estanho. Química de (nano) materiais. Disponível em:

<http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2007/vol30n6/15-S07432.pdf?agreq=liga%C3%A7%C3%A3o%20met%C3%A1lica&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>

Acesso em: abr. 2018.

- Ótimo material sobre nanomateriais.

Uso combinado de mapas conceituais e estratégias diversificadas de ensino: uma análise inicial das ligações químicas. Disponível em:

[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34\\_2/06-PE-7011.pdf?agreq=liga%C3%A7%C3%A3o%20ionica%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34_2/06-PE-7011.pdf?agreq=liga%C3%A7%C3%A3o%20ionica%20ensino%20medio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)

Acesso em: fev. 2018.

- Aplicação de mapas mentais no ensino de ligação química.

Para enriquecer mais a aula, sugerir os seguintes vídeos sobre compostos metálicos e suas propriedades. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=bAyxWCI8DzM>

Acesso em: abr. 2018.

<https://www.youtube.com/watch?v=bAyxWCI8DzM&t=3s>

Acesso em: abr. 2018.

O ensino de química quântica e o computador na perspectiva de projetos. Disponível em:

<http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2005/vol28n2/31-ED04025.pdf?agreq=geometria%20molecular%20ensino&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>

Acesso em: abr. 2018.

- Excelente artigo sobre computação e geometria molecular.

Uso de modelagem molecular no estudo dos conceitos de nucleofilicidade e basicidade. Disponível em:

<http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2011/vol34n9/29-ED10993.pdf?agreq=geometria%20molecular%20ensino&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>

Acesso em: abr. 2018.

- Ótimo material sobre modelagem de moléculas.

Relatos de experiências do programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência no curso de licenciatura em Química da Universidade Estadual do Norte Fluminense. Disponível em:

[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34\\_4/06-PIBID-66-12.pdf?agreq=ensino%20de%20geometria%20molecular&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34_4/06-PIBID-66-12.pdf?agreq=ensino%20de%20geometria%20molecular&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)

Acesso em: abr. 2018.

- Artigo sobre geometria molecular com materiais alternativos.

Para enriquecer mais a aula, sugerir o seguinte vídeo sobre geometria molecular. Disponível em:

[https://www.youtube.com/watch?v=PGJ8Vqsh\\_20](https://www.youtube.com/watch?v=PGJ8Vqsh_20)

Acesse o *site* a seguir e, se houver tempo, mostre algumas simulações aos alunos; caso contrário, sugira que eles mesmos acessem a plataforma e trabalhem tal conceito durante os estudos.

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/molecule-shapes](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molecule-shapes)

Acesso em: abr. 2018.

### Exercícios propostos

#### 7. A

**a)** Incorreta. O latão é uma liga formada por cobre e zinco.

**b)** Correta. O chumbo tetraetila foi retirado da gasolina por conter chumbo em sua composição, sendo substituído pelo éter metil-terc-butilíco (MTBE).

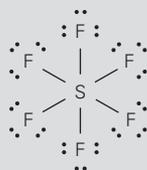
**c)** Correta. A passivação diminui a reatividade das superfícies, motivo pelo qual as vasilhas com chumbo apassivado podem ser usadas para transportar ácido sulfúrico concentrado à quente.

**d)** Correta. O antimônio, assim como todos os semi-metais da tabela periódica, recebeu a denominação de metaloides por apresentar aparência e algumas propriedades físicas dos metais e comportar-se, em algumas condições, como não metal.

#### 8. E

A geometria octaédrica ocorre no caso de mo-

lécúlas formadas por sete átomos, em que um átomo é o central.



9. E

X é isoeletrônico de  $Zn^{2+}$

${}_{30}Zn^{2+}$  ( $p^+ = 30$  e  $e^- = 28$ , houve a perda de  $2 e^-$ )

Assim, X possui 28 elétrons quando seu número de oxidação é +1, ou seja, perdeu 1 elétron, sendo assim, ele possui 29 elétrons quando neutro.

Então:

$29 e^- = 29 p^+$  trata-se do elemento cobre, que forma o latão ao se ligar ao zinco; o bronze, ao se ligar ao estanho, e o ouro vermelho, quando se liga ao ouro.

10. a) Nos compostos iônicos sólidos, os íons estão presos na rede cristalina e não se movimentam em razão da forte interação eletrostática.

Nos metais sólidos, os elétrons estão livres na rede cristalina (constituindo bandas eletrônicas) e movimentam-se livremente (corrente elétrica).

b) Numa solução iônica, os cátions e ânions movimentam-se livremente, "fechando" o circuito elétrico.

11. D

As terras-raras englobam diversos elementos de caráter metálico, tais como o ítrio, o lantânio, o cério, o gadolínio e o neodímio. Uma característica comum a esses metais é a tendência a formarem cátions em razão da baixa energia de ionização.

$YPO_4 = 184 \text{ g}$

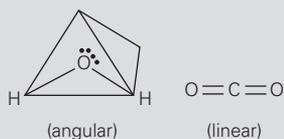
$1 YPO_4 \text{ ——— } 1 Y$   
 $184 \text{ g ——— } 89 \text{ g}$   
 $100 \text{ g ——— } x$

$x = 48,37 \text{ g}$

12. a) O  $CO_2$  sólido é chamado de gelo seco, pois absorve calor durante a mudança de estado e, conseqüentemente, a temperatura do sistema diminui, provocando o resfriamento do meio.



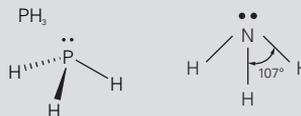
b) A água é uma molécula angular (geometria das nuvens de elétrons tetraédrica) e o dióxido de carbono é uma molécula linear (geometria das nuvens de elétrons linear).



13. E

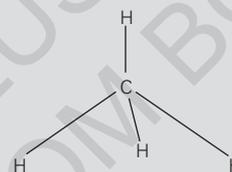
Os metais apresentam a propriedade da maleabilidade, permitindo sua ampla utilização na fabricação de objetos com diferentes formas e funções.

14. B

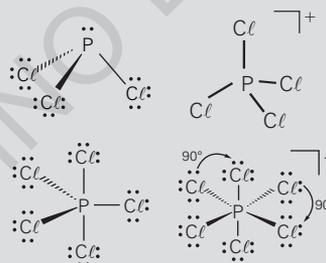


15. C

O carbono estabelece quatro ligações simples, uma com cada átomo de hidrogênio, logo temos quatro zonas de repulsão, e a geometria molecular é tetraédrica.



16. C



17. E

I. Correta.

II. Correta.

III. Incorreta. Entre o O e H (OH), a ligação é covalente polar.

IV. Correta.

### Estudo para o Enem

18. A

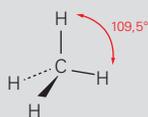
O óxido que pode causar a acidemia é o  $CO_2$

$O = C = O \Rightarrow$  Geometria linear

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

19. D



Tetraédrica

 $O = C = O \Rightarrow$  Geometria linear

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

20. B

a) Incorreta. O metal cobre é formado por átomos dotados de grande número de elétrons suficien-

temente livres para se movimentarem por meio de baixos potenciais elétricos ou térmicos.

b) Correta.

c) Incorreta. As forças eletrostáticas que unem os átomos de cobre no fio são resultantes das interações entre os elétrons com os cátions metálicos.

d) Incorreta. São ligações metálicas.

e) Incorreta. Os átomos de cobre estão unidos por ligação covalente.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## 8 POLARIDADE DE LIGAÇÕES E DE MOLÉCULAS

### Comentário sobre o módulo

Aqui será estudada a polaridade das ligações químicas nas substâncias compostas. A diferença entre as eletronegatividades dos átomos forma uma ligação que pode ser utilizada como critério de classificação da ligação: diferença maior que 1,7, ligação iônica; diferença menor que 1,7, ligação covalente.

Também será estudada a existência de moléculas polares e não polares; estas moléculas estão relacionadas com a eletronegatividade. As interações interatômicas, por meio das ligações químicas, produzem moléculas em que as cargas elétricas podem estar distribuídas de forma homogênea (moléculas não polares) e de forma heterogênea (moléculas polares).

A ideia de que “semelhante dissolve semelhante” é uma simplificação que está relacionada à polaridade das moléculas.

### Para ir além

Ambientes micelares em química analítica. Disponível em:

<<http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2001/vol24n1/14.pdf?agreq=polaridade%20de%20liga%C3%A7%C3%B5es&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>>

Acesso em: abr. 2018.

- Excelente artigo sobre polaridade.

Lavagem a seco. Disponível em:

<[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc35\\_1/03-QS-64-11.pdf?agreq=polaridade%20de%20liga%C3%A7%C3%B5es%20ensino%20m%C3%A9dio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc35_1/03-QS-64-11.pdf?agreq=polaridade%20de%20liga%C3%A7%C3%B5es%20ensino%20m%C3%A9dio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>

Acesso em: abr. 2018.

- Ótimo material sobre polaridade e aplicação no cotidiano.

Para enriquecer mais a aula, sugerir o seguinte vídeo sobre geometria molecular. Disponível em:

<[https://www.youtube.com/watch?v=PGJ8Vqsh\\_20](https://www.youtube.com/watch?v=PGJ8Vqsh_20)>

Acessar o *site* a seguir e, se houver tempo, mostrar aos alunos algumas simulações; caso contrário, sugerir que eles mesmos acessem a plataforma e trabalhem tal conceito durante os estudos.

<[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/molecule-shapes](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molecule-shapes)>

- Ótimo material sobre polaridade e aplicação do cotidiano.

Polaridade de moléculas – ligações moleculares e pontes de hidrogênio, de Carlos Roberto de Lana. Disponível em:

<<http://educacao.uol.com.br/quimica/ult1707u28.jhtm>>

Acesso em: maio 2018.

Material sobre o conceito de polaridade.

As forças de interação entre as moléculas, de Fábio Rendelucci. Disponível em:

<<http://educacao.uol.com.br/quimica/ult1707u22.jhtm>>

Acesso em: maio 2018

Interações intermoleculares e suas relações com a solubilidade, de Walter Ruggeri Waldman. Disponível em:

<<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/SalaDeLeitura/Objetos/62/62.pdf>>

Acesso em: maio 2018.

### Exercícios propostos

7. 21 (01 + 04 + 16)

- 01) Correta
- 02) Incorreta. São moléculas lineares e não polares.
- 04) Correta.
- 08) Incorreta. A molécula de clorofórmio ( $\text{CHCl}_3$ ) é polar.
- 16) Correta.

8. D

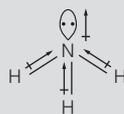
- $\text{CO}_2$  – linear – não polar
- $\text{H}_2\text{O}$  – angular – polar
- $\text{NH}_3$  – piramidal – polar
- $\text{CH}_4$  – tetraédrica – não polar

9. Análise das proposições:

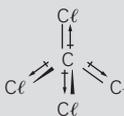
- Grafite e diamante são substâncias simples, ou seja, formadas por um único elemento químico.
- No diamante e na grafite, a ligação entre os átomos de carbono é não polar.
- As duas substâncias não apresentam a mesma temperatura de fusão, pois possuem estruturas e arranjos geométricos diferentes.
- As duas substâncias são variedades alotrópicas do carbono.

10. D

$\text{NH}_3$ : molécula polar

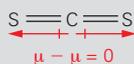


$\text{CCl}_4$ : molécula não polar



## 11. B

A molécula de sulfeto de carbono  $\text{CS}_2$  é linear, e as ligações entre os átomos de carbono e enxofre são polares, porém os vetores que definem o momento dipolar se anulam e a molécula é não polar.



## 12. 7 (01 + 02 + 04)

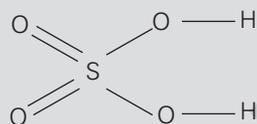
01) Correta. O  $\text{CaCl}_2$  é um sal inorgânico, que apresenta um metal em sua fórmula, sendo, portanto, um composto iônico.

02) Correta. O composto formado por  $\text{O}_2$  possui geometria linear (formado por 2 átomos apenas) e, como são átomos iguais, a ligação será covalente não polar.

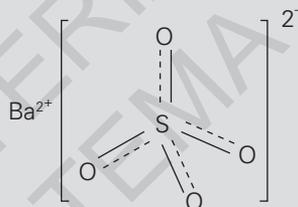
04) Correta. O ácido sulfídrico é um ácido inorgânico, com geometria angular, cuja resultante será diferente de zero, portanto um composto polar.

08) Incorreta. O iodeto de potássio é formado por ligações iônicas, sendo assim, possui altas temperaturas de fusão e ebulição, sendo, portanto, um composto sólido à temperatura ambiente.

## 13. Ligação covalente normal polar e coordenada polar:



Ligação iônica (polar) entre o bário e o sulfato e entre os átomos do íon sulfato. Temos todas as ligações sendo covalentes normal polares e coordenada polar.

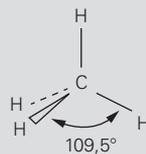


## 14. D

As substâncias I e III são polares já que são solúveis na água e pouco solúveis na gasolina, que é não polar.

## 15. (V) O metano é uma molécula de geometria tetraédrica e não polar.

(V) O metano, por ser formado apenas por ligações simples, possui quatro orbitais do tipo  $sp^3$ , cujos ângulos são de aproximadamente  $109,5^\circ$ .



(F) Possui geometria tetraédrica.

(V) O metano ou gás natural é o principal constituinte do GNV.

## 16. C

Considerando os valores de eletronegatividade para o silício e oxigênio, 1,8 e 3,5, respectivamente, e seus grupos da Tabela Periódica (o silício pertence ao grupo 14 e o oxigênio, ao grupo 16), prevê-se que a ligação entre esses átomos seja covalente polar.

$$\Delta E = E_{\text{maior}} - E_{\text{menor}}$$

$$\Delta E = 3,5 - 1,8 = 1,7$$

Ligações não polares apresentam  $\Delta E$  igual a zero.

Ligações polares apresentam  $\Delta E$  diferente de zero.

Ligações iônicas ou com caráter iônico apresentam  $\Delta E$  superior a 1,7.

## 17. E

a) Incorreta.  $^{19}\text{F}$ :  $n = A - Z \rightarrow n = 19 - 9 \rightarrow n = 10$  (nêutrons)

b) Incorreta. O íon  $^{19}\text{F}^-$  ganhou um elétron, ficando com 10  $e^-$ .

c) Incorreta. O flúor pertence à família dos halogênios (grupo 17) da Tabela Periódica.

d) Incorreta. O gás flúor forma uma ligação covalente não polar por apresentar 2 elementos iguais.

e) Correta. Na ligação entre o  $\text{H}-\text{F}$ , o flúor é o elemento mais eletronegativo da ligação, atraindo a nuvem eletrônica para perto do seu núcleo.

## Estudo para o Enem

## 18. D

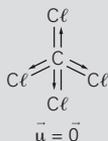
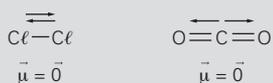


**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

19. C

$\text{Cl}_2$ ,  $\text{CCl}_4$  e  $\text{CO}_2$  são moléculas exclusivamente não polares, pois apresentam vetores momento dipolo elétricos resultantes nulos.



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

20. A

Para ocorrer dissolução dos pesticidas organoclorados nos tecidos lipídicos, aqueles devem ser tão não polares quanto estes.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## 9 INTERAÇÕES INTERMOLECULARES, MASSA ATÔMICA, MASSA ATÔMICA MÉDIA E MASSA MOLECULAR

### Comentário sobre o módulo

Retomamos a propriedade periódica eletronegatividade. Em seguida, é aplicada a diferença de eletro-negatividade entre átomos ligados covalentemente, o que influencia a natureza da ligação como sendo polar ou não polar. O assunto interações intermoleculares é explorado para que o aluno compreenda algumas propriedades das substâncias moleculares (solubilidade, temperatura de ebulição, temperatura de fusão e outras).

Estudamos as relações de definição de padrão de massa, bem como o cálculo de massa atômica média e de massas moleculares.

### Para ir além

Estudo das ligações de hidrogênio para dímeros formados pelas moléculas de  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $HF$ ,  $HCl$  e  $HBr$  através de cálculos baseados em primeiros princípios. Disponível em:

<[http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2011/vol34n9/19-AR11190\\_cor.pdf?agreq=liga%C3%A7%C3%B5es%20de%20hidrog%C3%AAnio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2011/vol34n9/19-AR11190_cor.pdf?agreq=liga%C3%A7%C3%B5es%20de%20hidrog%C3%AAnio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>.

Acesso em: maio 2018.

- Excelente artigo sobre ligações de hidrogênio.

Uma experiência didática sobre viscosidade e densidade. Disponível em:

<[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34\\_3/08-EEQ-111-10.pdf?agreq=liga%C3%A7%C3%B5es%20de%20hidrog%C3%AAnio%20ensino%20m%C3%A9dio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34_3/08-EEQ-111-10.pdf?agreq=liga%C3%A7%C3%B5es%20de%20hidrog%C3%AAnio%20ensino%20m%C3%A9dio&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq)>.

Acesso em: maio 2018.

- Ótimo material sobre viscosidade e densidade.

Para enriquecer ainda mais a sua aula, sugerir aos alunos os seguinte vídeos sobre interações intermoleculares. Disponível em:

<[https://www.youtube.com/watch?v=yJN6a\\_mPe6A](https://www.youtube.com/watch?v=yJN6a_mPe6A)>:

<[https://www.youtube.com/watch?v=yJN6a\\_mPe6A&list=RDyJN6a\\_mPe6A&start\\_radio=1](https://www.youtube.com/watch?v=yJN6a_mPe6A&list=RDyJN6a_mPe6A&start_radio=1)>.

Acesso em: mai 2018.

A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. Disponível em:

<<http://www.emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/viewFile/1721/1692>>.

Acesso em: jun. 2018.

- Esse artigo discute a evolução dos livros didáticos de química sob um aspecto mais geral, realçando as principais características que um determinado

período imprime aos livros. Os períodos escolhidos correspondem, a partir de 1930, à vigência das reformas de ensino que ocorreram ao longo da história da educação brasileira.

As ferramentas do químico. Disponível em:

<<http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/s bq/QNEsc05/conceito.pdf>>.

Acesso em: jun. 2018.

- Nesse artigo, são discutidos diferentes conceitos químicos inter-relacionados — matéria, material, corpo, substância —, associados à ideia de “ferramentas”, símbolo do profundo diálogo teoria-prática no trabalho químico.

### Exercícios propostos

#### 7. B

M.A.: massa atômica média ponderada

p%: porcentagem isotópica do  $^{79}\text{Br}$

$M.A. = 79$

$(1 - p\%)$ : porcentagem isotópica do  $^{80}\text{Br}$

$M.A._2 = 80$

$M.A._1 = p\% \cdot M.A._1 + (1 - p\%) \cdot M.A._2$

$79,9 = p\% \cdot 79 + (1 - p\%) \cdot 81$

$79,9 = 79 p\% + 81 - 81 p\%$

$2 p\% = 1,1$

$p\% = 0,55 = 55\% \text{ de } ^{79}\text{Br}$

$100\% - 55\% = 45\% \text{ de } ^{80}\text{Br}$

#### 8. C

O fato deve-se ao elemento apresentar átomos isótopos, ou seja, átomos com mesmo número de prótons e diferentes números de massas, ou seja, diferentes números de nêutrons.

#### 9. A

$^{35}_{17}\text{Cl} = 75,77\%$

$^{37}_{17}\text{Cl} = 100\% - 75,77\% = 24,23\%$

Assim, o isótopo cloro-37 contribui menos para a massa atômica do cloro.

#### 10. D

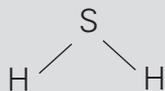
Como o anestésico apresenta “natureza hidrofóbica” não irá se misturar à água, ou seja, apresenta característica apolar; porém ele se dissolve bem em composto orgânico como o etanol, e sua origem ocorre por destilação do óleo; assim, chega-se à conclusão de que se trata do eugenol.

11. a) O  $\text{H}_2\text{S}$  pertence à função inorgânica ácido de Arrhenius.

b) Estrutura eletrônica de Lewis para o  $\text{H}_2\text{S}$ :



Tipo de geometria: angular.



Estrutura de Lewis:



c) O  $\text{H}_2\text{S}$  apresenta forças intermoleculares do tipo dipolo-dipolo ou dipolo permanente. O  $\text{H}_2\text{S}$  é mais volátil do que várias substâncias formadas durante a decomposição da matéria orgânica, pois, comparativamente, apresenta ligações intermoleculares menos intensas devido a vários fatores, entre eles a menor superfície de contato.

d) Sim, pois dependendo da concentração, ao ser dissolvido em água, sofre ionização.

12. A

A molécula parcialmente representada só pode ser DNA, pois a base nitrogenada timina é exclusiva do DNA. No RNA, a uracila é a base exclusiva. A ligação indicada pela seta é uma ligação de hidrogênio.

13. D

I. Incorreta. A solubilidade em água do  $\text{CCl}_4$  é baixa (0,8 g/L), devido à sua classificação como molécula não polar.

II. Correta. Uma das fases, na mistura bifásica, é constituída de hexano (não polar) e tetracloreto de carbono (não polar); a outra, de água (polar).

III. Correta. Quando tetracloreto de carbono, água e hexano são, nessa sequência, adicionados em uma proveta, é formada uma mistura trifásica com tetracloreto de carbono na fase inferior, água na fase do meio e hexano na fase superior. Isso significa que a densidade da água é maior do que a densidade do hexano (parte superior).

$$\left. \begin{array}{l} d_{\text{água}} = \frac{m_{\text{água}}}{1\text{L}} \\ d_{\text{hexano}} = \frac{m_{\text{hexano}}}{1\text{L}} \end{array} \right\} d_{\text{água}} > d_{\text{hexano}} \Rightarrow m_{\text{água}} > m_{\text{hexano}}$$

Conclusão: um litro de água apresenta uma massa maior que um litro de hexano.

14. A

Dimetilpropano: dipolo-induzido.

Pentano: dipolo-induzido mais intenso do que no caso do dimetilpropano.

Observação: quanto mais ramificado for o isômero, menor a temperatura de ebulição.

$$TE_{(\text{dimetilpropano})} < TE_{(\text{pentano})}$$

Butanona: dipolo-permanente.

Butano-1-ol: ligação de hidrogênio

Observação: A ligação de hidrogênio é mais intensa do que o dipolo-permanente.

Ácido propanoico: ligação de hidrogênio e dipolo-permanente.

$$TE_{(\text{butanona})} < TE_{(\text{butan-1-ol})} < TE_{(\text{ácido propanoico})}$$

$$\underbrace{10^\circ\text{C}}_{\text{dimetilpropano}} < \underbrace{36^\circ\text{C}}_{\text{pentano}} < \underbrace{80^\circ\text{C}}_{\text{butanona}} < \underbrace{118^\circ\text{C}}_{\text{butan-1-ol}} < \underbrace{141^\circ\text{C}}_{\text{ácido propanoico}}$$

15. C

Calculando a massa atômica média ponderada, vem:  
M.A (média ponderada) =  $0,99 \cdot 16 \text{ u} + 0,006 \cdot 17 \text{ u} + 0,004 \cdot 18 \text{ u} = 16,014 \text{ u}$

16. 12 (04 + 08)

01. Incorreto, pois uma molécula do ácido tem massa de 62 u.

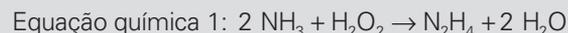
$$\text{H}_2\text{CO}_3 = 2 \cdot 1 \text{ u} + 12 \text{ u} + 3 \cdot 16 \text{ u} = 62 \text{ u}$$

02. Incorreto, uma molécula de ácido pesa 31 vezes mais que uma molécula de  $\text{H}_2$ .

04. Correto.

08. Correto.

17. Baseando-se na maior economia percentual de átomos, teríamos:



Economia percentual de átomos =

$$= \frac{\text{massa obtida do produto desejado}}{\text{massa de todos os reagentes}} \cdot 100$$

Produto desejado:  $\text{N}_2\text{H}_4$

$$\text{MM}_{\text{N}_2\text{H}_4} = 2 \cdot 14 + 4 \cdot 1 = 32 \text{ u} \} m_{\text{Produto desejado}} = 1 \cdot 32 \text{ u} = 32 \text{ u}$$

Reagentes:  $\text{NH}_3$  e  $\text{H}_2\text{O}_2$

$$\left. \begin{array}{l} \text{MM}_{\text{NH}_3} = 14 + 3 \cdot 1 = 17 \text{ u} \\ \text{MM}_{\text{H}_2\text{O}_2} = 2 \cdot 1 + 2 \cdot 16 = 34 \text{ u} \end{array} \right\} m_{\text{Reagentes}} = 2 \cdot 17 + 34 = 68 \text{ u}$$

Economia percentual de átomos =

$$= \frac{32 \text{ u}}{68 \text{ u}} \cdot 100 = 47,05882 \%$$

Economia percentual de átomos  $\approx 47,06 \%$

Equação química 2:  $2 \text{NH}_3 + \text{OC}l^- \rightarrow \text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^-$

Economia percentual de átomos =

$$= \frac{\text{massa obtida do produto desejado}}{\text{massa de todos os reagentes}} \cdot 100$$

Produto desejado:  $\text{N}_2\text{H}_4$

$$\text{MM}_{\text{N}_2\text{H}_4} = 2 \cdot 14 + 4 \cdot 1 = 32 \text{ u} \} m_{\text{Produto desejado}} = \\ = 1 \cdot 32 \text{ u} = 32 \text{ u}$$

Reagentes:  $\text{NH}_3$  e  $\text{OC}l^-$

$$\left. \begin{aligned} \text{MM}_{\text{NH}_3} &= 14 + 3 \cdot 1 = 17 \text{ u} \\ \text{MM}_{\text{OC}l^-} &= 16 + 35,5 = 51,5 \text{ u} \end{aligned} \right\} m_{\text{Reagentes}} = \\ = 2 \cdot 17 + 51,5 = 85,5 \text{ u}$$

Economia percentual de átomos =

$$= \frac{32 \text{ u}}{85,5 \text{ u}} \cdot 100 = 37,4269 \%$$

Economia percentual de átomos  $\approx 37,43 \%$

O processo de síntese 1 é a melhor opção, pois apresenta a maior economia percentual de átomos:  $47,06\% > 37,43\%$ .

## Estudo para o Enem

18. C

Lembrando que 1 grama = 1 000 mg

Leitura molar da equação:



2 mols de  $\text{KMnO}_4$  reagem com 3 mols de  $\text{C}_2\text{H}_4$

$$\text{Massa molar de } 2 \text{KMnO}_4 = 2 \cdot [(1 \cdot 39) + (1 \cdot 55) \\ + (4 \cdot 16)] = 316 \text{ g} = 316 \text{ 000 mg}$$

$$\text{Massa molar de } 3 \text{C}_2\text{H}_4 = 3 \cdot [(2 \cdot 12) + (4 \cdot 1)] = \\ 84 \text{ g} = 84 \text{ 000 mg}$$

$$\frac{\text{mg KMnO}_4}{\text{kg ar}} = \frac{1 \text{ mg etileno}}{1 \text{ kg ar}} \cdot \frac{316 \text{ 000 mg KMnO}_4}{84 \text{ 000 mg etileno}} = \\ = 3,8 \text{ mg de KMnO}_4$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científicotecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da

química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

19. E

**a)** Falsa. Existe uma ligação de hidrogênio entre o átomo de H em uma molécula de HF e o átomo de F de uma molécula de HF adjacente.

**b)** Falsa. Existe uma ligação de hidrogênio entre o átomo de H em uma molécula de  $\text{NH}_3$  e o átomo de N de uma molécula de  $\text{NH}_3$  adjacente.

**c)** Falsa. As moléculas de ácido sulfídrico, HS, não apresentam ligações de hidrogênio. Esse tipo de interação ocorre quando a molécula possui H ligado a F, N e O, que são átomos fortemente eletro-negativos.

**d)** Falsa. A maior massa molecular relativa é do ácido sulfídrico, 34 g/mol. A molécula do ácido fluorídrico é a mais polar das moléculas citadas.

**e)** Correta.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científicotecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

20. B

Detergentes são agentes tensoativos, também chamados de surfactantes. São substâncias que diminuem a tensão superficial e/ou influenciam a superfície de contato entre dois líquidos. Quando utilizados na tecnologia doméstica, são geralmente chamados de emulsionantes, ou seja, substâncias que permitem conseguir ou manter a emulsão. São formados por moléculas nas quais uma das partes é solúvel em água e a outra não. Eles reduzem a força de coesão entre as moléculas da água, o que aumenta a molhabilidade das superfícies em contato com a água.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

## 10 CONSTANTE DE AVOGADRO, MASSA MOLAR, MOL E CÁLCULO DO NÚMERO DE ÁTOMOS E DE MOLÉCULAS

### Comentário sobre o módulo

Estudamos as relações constante de Avogadro, massa molar e mol e relações da grandeza mol com a grandeza massa.

Estudamos as relações de cálculo do número de mol, número de moléculas, número de átomos e como relacionar todas as grandezas anteriores.

### Para ir além

Constante de Avogadro: é simples determiná-la em sala de aula. Disponível em:

<<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc03/exper.pdf?agrep=ensino%20avogadro&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>>.

Acesso em: jun. 2018.

- Neste artigo, é discutido como ensinar o conceito de constante de Avogadro em sala de aula, de uma maneira bem simples e interessante.

As origens históricas da constante de Avogadro. Disponível em:

<<http://sec.s bq.org.br/cdrom/29ra/resumos/T0120-1.pdf>>.

Acesso em: jun. 2018.

- De um modo geral, os textos de Química, Física e História não mencionam as origens históricas da constante de Avogadro.

Mol — uma nova terminologia. Disponível em:

<<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc01/actual.pdf>>.

Acesso em: jun. 2018.

- A seção “Atualidades em química” procura apresentar assuntos que mostrem que a química é uma ciência viva, tanto no que diz respeito a novas descobertas quanto à redefinição, sempre que necessário, de antigos conceitos.

Mol: uma nova terminologia. Disponível em:

<<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc01/actual.pdf>>.

Acesso em: maio 2018.

### Exercícios propostos

7. A

$$75\% \text{ de Au} = \frac{75}{100} \cdot 3,0 = 2,25 \text{ g Au}$$

$$1 \text{ mol de Au} \text{ — } 197 \text{ g}$$

$$x \text{ mol} \text{ — } 2,25 \text{ g}$$

$$x = 0,01 \text{ mol}$$

8.

Fórmula molecular do “formol” (metanal):  $\text{CH}_2\text{O}$ .

$$M_{\text{CH}_2\text{O}} = 30 \text{ g/mol}$$

$$6 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de CH}_2\text{O} \text{ — } 30 \text{ g}$$

$$n_{\text{CH}_2\text{O}} \text{ — } 1 \text{ g}$$

$$n_{\text{CH}_2\text{O}} = \frac{6 \cdot 10^{23} \text{ moléculas} \cdot 1 \text{ g}}{30 \text{ g}}$$

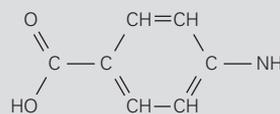
$$n_{\text{CH}_2\text{O}} = 2,0 \cdot 10^{22} \text{ moléculas}$$

9. E

O filtro solar orgânico que absorve menor comprimento de onda e, conseqüentemente, tem o máximo de absorção de maior energia é o filtro solar 1.



Filtro solar 1 (ácido p-aminobenzoico)



$$M = (7 \cdot 12) + (7 \cdot 1) + (1 \cdot 14) + (2 \cdot 16) = 137 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

10. S-10: 1 kg de diesel tem 10 mg de enxofre.

$$\text{S-10} = 0,8 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

$$\text{S-10} = 0,8 \frac{(10 \text{ mg de enxofre})}{\text{L}}$$

$$\text{S-10} = \frac{(8 \text{ mg de enxofre})}{\text{L}}$$

$$\text{S-10} = \frac{1000 \cdot (8 \text{ mg de enxofre})}{1000 \text{ L}} = \frac{8 \text{ g}}{1000 \text{ L}}$$

$$m_{\text{enxofre}} = 8 \text{ g}$$

$$n_{\text{enxofre}} = \frac{m_{\text{enxofre}}}{M_{\text{enxofre}}} = \frac{8}{32} = 0,25 \text{ mol}$$

11. A



$$58,5 \text{ g} \text{ — } 1 \text{ mol de Na}^+$$

$$58,5 \text{ g} \text{ — } 6,0 \cdot 10^{23} \text{ cátions Na}^+$$

Então:

$$58,5 \text{ g} \text{ — } 6,0 \cdot 10^{23} \cdot (+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})$$

$$117 \cdot 10^{-3} \text{ g} \text{ — } Q$$

$$Q = \frac{117 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot 6,0 \cdot 10^{23} \cdot (+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})}{58,5 \text{ g}}$$

$$Q = 192 \text{ C} = 1,92 \cdot 10^2 \text{ C}$$

**12. a)** Cálculo da massa do sal:

$$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH} = 502$$

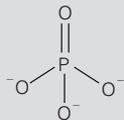
$$502 \text{ g do sal} \text{ — } 5 \cdot 40 \text{ g de íons cálcio}$$

$$m_{\text{sal}} \text{ — } 1200 \text{ mg de íons cálcio}$$

$$m_{\text{sal}} = \frac{502 \text{ g} \cdot 1200 \text{ mg}}{5 \cdot 40 \text{ g}}$$

$$m_{\text{sal}} = 3012 \text{ mg} = 3,012 \text{ g}$$

**b)** Representação, entre outras, da estrutura do ânion fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ):



**13. B**

7% de 2,4 L = 0,168 L (volume de ácido acético presente no vinagre)

$$d = \frac{m}{V}$$

$$1 = \frac{m}{0,168 \cdot 1000} = 168 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol} \text{ — } 60 \text{ g}$$

$$x \text{ mol} \text{ — } 168 \text{ g}$$

$$x = 2,8 \text{ mol}$$

**14.**

A massa molar da hidroxocobalamina é aproximadamente igual a  $1,3 \cdot 10^3 \text{ g/mol}$ .

Então:

$$1,3 \cdot 10^3 \text{ g} \text{ — } 6 \cdot 10^{23} \text{ mol (hidroxocobalamina)}$$

$$5 \text{ g} \text{ — } n_{\text{hidroxocobalamina}}$$

$$n_{\text{hidroxocobalamina}} = 2,3076 \cdot 10^{21} \text{ mol}$$

**15. A**

$$1 \text{ mol} \text{ — } 6,0 \cdot 10^{23} \text{ átomos de carbono}$$

$$n \text{ — } 1,2 \cdot 10^{12} \text{ átomos de carbono}$$

$$n = \frac{1 \text{ mol} \cdot 1,2 \cdot 10^{12}}{6,0 \cdot 10^{23}} = 0,2 \cdot 10^{-11} \text{ mol}$$

$$n = 2,0 \cdot 10^{-12} \text{ mol}$$

**16. E**

De acordo com a figura 2, a bolinha afunda no tolueno e flutua no ácido acético. Isso significa que a densidade da bolinha é maior que a do tolueno e menor do que a densidade do ácido acético.

Conclusão: o ácido acético (etanoico) é mais denso do que o tolueno.

$$d_{\text{acético}} = \frac{m}{V_{\text{acético}}}$$

$$d_{\text{tolueno}} = \frac{m}{V_{\text{tolueno}}}$$

$$d_{\text{acético}} > d_{\text{tolueno}} \Rightarrow V_{\text{acético}} < V_{\text{tolueno}}$$

Conclusão: como  $V_B$  é menor do que  $V_A$ , conclui-se que o ácido acético está no frasco B.

$$d_{\text{acético}} = \frac{m}{V_{\text{acético}}} \Rightarrow m = d_{\text{acético}} \cdot V_{\text{acético}}$$

$$d_{\text{tolueno}} = \frac{m}{V_{\text{tolueno}}} \Rightarrow m = d_{\text{tolueno}} \cdot V_{\text{tolueno}}$$

$$n = \frac{m}{M}; M_{\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2} = 60 \text{ g/mol}; M_{\text{C}_7\text{H}_8} = 92 \text{ g/mol}$$

$$\left. \begin{array}{l} n_{\text{acético}} = \frac{m}{60} \\ n_{\text{tolueno}} = \frac{m}{92} \end{array} \right\} (m = m) \frac{m}{92} < \frac{m}{60} \Rightarrow n_{\text{tolueno}} < n_{\text{acético}}$$

Conclusão:  $N_A < N_B$ .

**17.** Cálculo do número de moléculas em uma cápsula do medicamento:

$$8 \text{ mg} = 0,008 \text{ g}$$

$$287 \text{ g de galantamina} \text{ — } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas}$$

$$0,008 \text{ g de galantamina} \text{ — } n$$

$$n = \frac{0,008 \text{ g} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{287 \text{ g}}$$

$$n \approx 1,7 \cdot 10^{19} \text{ moléculas}$$

**Estudo para o Enem**

**18. A**

$$51 \text{ g} \text{ — } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos}$$

$$x \text{ — } 1 \text{ átomo}$$

$$x = 8,47 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

19. D

Massa de AAS contida em 900 000 comprimidos:

$$\begin{aligned} 1 \text{ comprimido} &\text{ ——— } 0,5 \text{ g} \\ 900\,000 \text{ comprimidos} &\text{ ——— } x \\ x &= 450\,000 \text{ g} = 450 \text{ kg} \\ 1 \text{ mol do ácido salicílico} &\text{ ——— } 1 \text{ mol do AAS} \\ &\text{(100\% de rendimento)} \\ 1 \text{ mol do ácido salicílico} &\text{ ——— } 0,5 \text{ mol do AAS} \\ &\text{(50\% de rendimento)} \\ 138 \text{ g do ácido salicílico} &\text{ ——— } 0,5 \cdot 180 \text{ g do AAS} \\ y &\text{ ——— } 450 \text{ kg} \\ y &= 690 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar,

avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas

20. E

$$7,2 \text{ bilhões} = 7\,200\,000\,000 = 7,2 \cdot 10^9$$

Assim, temos:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol} &\text{ ——— } 6,0 \cdot 10^{23} \text{ pessoas} \\ x &\text{ ——— } 7,2 \cdot 10^9 \text{ pessoas} \\ x &= 1,2 \cdot 10^{-14} \text{ mol de pessoas} \end{aligned}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SESCO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## 11 DETERMINAÇÃO DE FÓRMULAS E LEIS PONDERAIS

### Comentário sobre o módulo

Estudamos os conceitos de fórmulas químicas e suas diferentes formas de determinação em vários tipos de exercícios.

Estudamos os conceitos das leis ponderais, bases essenciais para a continuidade dos estudos a respeito de cálculos estequiométricos.

### Para ir além

A evolução da balança analítica. Disponível em:

<<http://submission.quimicanova.sbgq.org.br/qn/qnol/2004/vol27n6/29-AG03221.pdf?Agreq=leis%20ponderais&agrep=jbc,cs,qn,qnesc,qnint,rvq>>.

Acesso em: junho de 2018.

A quantidade de matéria nas ciências clássicas. Disponível em:

<[http://quimicanova.sbgq.org.br/imagebank/pdf/Vol32No7\\_1961\\_45-ED08431.pdf?agreq=leis%20ponderais&agrep=jbc,cs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://quimicanova.sbgq.org.br/imagebank/pdf/Vol32No7_1961_45-ED08431.pdf?agreq=leis%20ponderais&agrep=jbc,cs,qn,qnesc,qnint,rvq)>.

Acesso em: junho de 2018.

Lavoisier e a conservação da massa. Disponível em:

<[http://quimicanova.sbgq.org.br/imagebank/pdf/Vol16No3\\_245\\_v16\\_n3\\_\(14\).pdf?agreq=Lavoisier&agrep=jbc,cs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://quimicanova.sbgq.org.br/imagebank/pdf/Vol16No3_245_v16_n3_(14).pdf?agreq=Lavoisier&agrep=jbc,cs,qn,qnesc,qnint,rvq)>.

Acesso em: junho de 2018.

### Exercícios propostos

$$7. \text{NaC}_9\text{H}_9\text{HgO}_2\text{S} = 1 \cdot 23 + 9 \cdot 1 + 1 \cdot 200 + 2 \cdot 16 + 32 = 404$$

$$\text{Hg} = 200 \text{ u}$$

$$\%(\text{m/m}) = \frac{200}{404} = 0,495 \cdot 100\% \approx 50\%$$

8. B

1º passo:

$$\text{C} = \frac{18 \text{ g}}{12 \text{ g}} = 1,5 \quad \text{H} = \frac{3 \text{ g}}{1 \text{ g}} = 3 \quad \text{O} = \frac{16 \text{ g}}{16 \text{ g}} = 1,0$$

2º passo:

$$\text{C} = \frac{1,5 \text{ g}}{1,0 \text{ g}} = 1,5 \quad \text{H} = \frac{3,0 \text{ g}}{1,0 \text{ g}} = 3 \quad \text{O} = \frac{1,0 \text{ g}}{1,0 \text{ g}} = 1,0$$

3º passo:

Menor valor inteiro possível: 4

$$\text{C} = 1,5 \cdot 4 = 6$$

$$\text{H} = 3 \cdot 4 = 12$$

$$\text{O} = 1 \cdot 4 = 4$$

$$\text{Fórmula mínima: C}_6\text{H}_{12}\text{O}_4$$

9. D

$$\text{C} = \frac{23,8 \text{ g}}{12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 2 \text{ mol}$$

$$\text{H} = \frac{5,9 \text{ g}}{1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 6 \text{ mol}$$

$$\text{Cl} = \frac{70,3 \text{ g}}{35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \approx 2 \text{ mol}$$

Fórmula molecular:  $\text{C}_2\text{H}_6\text{Cl}_2$  ( $\div 2$ )

Fórmula empírica:  $\text{CH}_3\text{Cl}$

$$10. \text{C}_{26,7\%} \text{H}_{2,2\%} \text{O}_{71,1\%}$$

$$\text{C}_{26,7\%} \text{H}_{2,2\%} \text{O}_{71,1\%}$$

$$\text{C}_{\frac{26,7}{12}} \text{H}_{\frac{2,2}{1}} \text{O}_{\frac{71,1}{16}}$$

$$\text{C}_{2,2} \text{H}_{2,2} \text{O}_{4,4}$$

Dividindo os valores encontrados na divisão pelo menor deles, obtêm-se os seguintes números inteiros:

$$\text{C}_{\frac{2,2}{2,2}} \text{H}_{\frac{2,2}{2,2}} \text{O}_{\frac{4,4}{2,2}} \rightarrow 1, 1 \text{ e } 2$$

Portanto, a fórmula mínima é:  $\text{CHO}_2$

$$11. 2 \text{Fe}_{(s)} + \frac{3}{2} \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$$

$$112 \text{ g} - \frac{3}{2} \cdot 32 \text{ g} = 160 \text{ g}$$

$$112 \text{ g} - x \text{ g} = 160 \text{ g}$$

$$x = 48 \text{ g}$$

12. D

Independentemente do método de obtenção de uma substância pura, sua composição química, seja em massa, seja em átomos, é sempre constante.

13. C

O texto traz a ideia de renovação, de transformação, conceitos defendidos pelos idealistas da Revolução Francesa. Da mesma forma, pode-se observar esse conceito ilustrado pela frase de Lavoisier, citada acerca dos processos químicos.

14. A

Análise das alternativas:

**a)** Correta. Lei das proporções constantes ou lei de Proust.

**b)** Incorreta. Massa total dos reagentes é igual à massa total dos produtos, em um sistema fechado (Lavoisier).

**c)** Incorreta. Na transformação do gelo seco em gás carbônico, ocorre uma mudança de estado físico, portanto um fenômeno físico.

d) Incorreta. A reação  $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ , coeficientes estequiométricos 1:1:1, respectivamente.

15. a) Teremos:

$$\text{C} = \frac{20,0}{12} = 1,7 \quad \text{N} = \frac{46,7}{14} = 3,3$$

$$\text{H} = \frac{6,6}{1} = 6,6 \quad \text{O} = \frac{26,7}{16} = 1,7$$

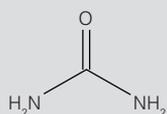
Dividindo-se todos pelo menor deles, teremos:

$$\text{C} = \frac{1,7}{1,7} = 1 \quad \text{N} = \frac{3,3}{1,7} \approx 2$$

$$\text{H} = \frac{6,6}{1} \approx 6,6 \quad \text{O} = \frac{1,7}{1,7} = 1$$

Assim, a fórmula mínima será:  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ , cuja massa será de 60,0 g; ou seja, a fórmula mínima será igual à fórmula molecular.

b) Teremos:



16. C

$$\begin{array}{l} \text{BaSO}_4: 1 \text{ mol (233 g)} \longrightarrow 100\% \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad 137 \text{ g} \longrightarrow x \\ x = 58,9 = 59\% \end{array}$$

17. Os cinco cilindros apresentam igual quantidade em mols (n).

$$n = \frac{m}{M} \therefore \underset{\text{maior}}{m} = n \cdot \underset{\text{maior}}{M}$$

He: 4 g/mol;  $\text{N}_2$ : 28 g/mol;  $\text{C}_2\text{H}_2$ : 26 g/mol;

$\text{O}_2$ : 32 g/mol;  $\text{CH}_4$ : 16 g/mol

Maior massa:  $\text{O}_2$  (cilindro 4)

### Estudo para o Enem

18. B

a) Incorreta. De acordo com a lei de Lavoisier, ao queimar uma palha de aço, em um sistema fechado, a massa não se altera.

b) Correta. Ao queimar uma folha de papel em uma caixa aberta, a massa da folha de papel diminui, porque os produtos da combustão são gasosos e dispersam-se na atmosfera.

c) Incorreta. Ao se queimar uma vela, ocorre diminuição de massa, pois há queima do pavio e da parafina.

d) Incorreta. Em um sistema fechado, 32,7 g de zinco em pó precisam de 8 g de oxigênio para formar 40,7 g de óxido de zinco ( $\text{ZnO}$ ).

e) Incorreta. Em um sistema fechado, 1 mol de  $\text{C}_{(s)}$  reage com 1 mol de oxigênio, formando 1 mol de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar ma-

teriais, substâncias ou transformações químicas.

19. C

$C_8H_{10}N_4O_2$  é classificada como fórmula molecular.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

20. C

|               | magnésio + gás oxigênio → óxido de magnésio |       |        |
|---------------|---|-------|--------|
| Experimento 1 | 6,0 g                                       | 4,0 g | 10,0 g |
| Experimento 2 | 0,75 g                                      | 0,5 g | 1,25 g |

$\left. \begin{array}{l} 6,0 \text{ g} \\ 0,75 \text{ g} \end{array} \right\} \div 8$     
 $\left. \begin{array}{l} 4,0 \text{ g} \\ 0,5 \text{ g} \end{array} \right\} \div 8$     
 $\left. \begin{array}{l} 10,0 \text{ g} \\ 1,25 \text{ g} \end{array} \right\} \div 8$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## 12 CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS I: MOL-MOL, MASSA-MASSA; MASSA-MOL; VOLUME-MOL

### Comentário sobre o módulo

Estudamos os conceitos de balanceamento de equações químicas e a introdução à estequiometria, com ênfase nas relações: mol-mol; massa-mol e massa-massa.

Estudamos as relações estequiométricas do tipo: mol-volume; mol-moléculas e mol-átomos.

### Para ir além

Artigos científicos como recurso didático no ensino superior de química. Disponível em:

<<http://submission.quimicanova.sbgq.org.br/qn/qnol/2009/vol32n2/38-ED07409.pdf?agreq=c%C3%A1culo%20ensino%20m%C3%A9dio&agrep=jbcq,qn,qnesc,qnint,rvq>>.

Acesso em: jul. 2018.

### Exercícios propostos

#### 7. D

1. Quantidade de sódio ingerido pelo consumo do alimento A:

$$200 \text{ mg de sódio} \text{ — } 100 \text{ g de alimento}$$

$$m_1 \text{ — } 120 \text{ g}$$

$$m_1 = 240 \text{ mg}$$

2. Quantidade de sódio ingerido pelo consumo do alimento B:

$$310 \text{ mg de sódio} \text{ — } 100 \text{ g de alimento}$$

$$m_2 \text{ — } 190 \text{ g}$$

$$m_2 = 589 \text{ mg}$$

3. Quantidade de sódio ingerido pelo consumo do alimento C:

$$750 \text{ mg de sódio} \text{ — } 100 \text{ g de alimento}$$

$$m_3 \text{ — } 20 \text{ g}$$

$$m_3 = 150 \text{ mg}$$

4. Cálculo da massa total de sódio consumido:

$$m_{\text{TOTAL}} = m_1 + m_2 + m_3 = 979 \text{ mg de Na}$$

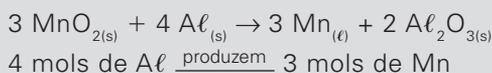
Agora, vamos calcular a massa de cloreto de sódio, que contém 979 mg de sódio:

$$58,5 \text{ mg de NaCl} \text{ — } 23 \text{ g de Na}$$

$$m \text{ — } 0,979 \text{ g}$$

$$m = 2,50 \text{ de NaCl}$$

8. De acordo com a equação:



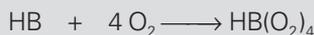
Assim:

$$\frac{108 \text{ mg de Al}}{4 \text{ mols}} \text{ — } \frac{165 \text{ g de Mn}}{3 \text{ mols}}$$

$$m \text{ — } 165\,000 \text{ g}$$

$$m = 108\,000 \text{ g ou } 108 \text{ kg}$$

#### 9. D



$$M_{\text{HB}} \text{ — } 4 \cdot 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$1 \text{ g} \text{ — } 2,24 \cdot 10^{-4} \text{ L}$$

$$M_{\text{HB}} = \frac{1 \text{ g} \cdot 4 \cdot 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}}{2,24 \cdot 10^{-4} \text{ L}}$$

$$M_{\text{HB}} = 40 \cdot 10^4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 4 \cdot 10^5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M_{\text{HB}} = 4 \cdot 10^5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

#### 10. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(aq)} + 6 \text{ O}_{2(g)}$

$$180 \text{ g} \text{ — } 6 \text{ mol}$$

$$3,6 \text{ g} \text{ — } x \text{ mol}$$

$$x = 0,12 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol} \text{ — } 25 \text{ L}$$

$$0,12 \text{ mol} \text{ — } V$$

$$V = 3 \text{ L}$$

#### 11. $\text{Na}_2\text{CO}_{3(aq)} + 2 \text{ SO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2 \text{ NaHSO}_{3(aq)} + \text{CO}_{2(g)}$

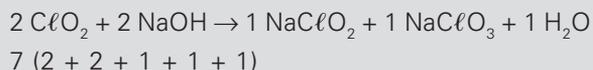
$$160 \text{ g} \text{ — } 2 \text{ mol}$$

$$42,4 \cdot 10^6 \text{ g} \text{ — } n_{\text{NaHSO}_3}$$

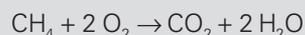
$$n_{\text{NaHSO}_3} = 0,8 \cdot 10^6 \text{ mol} = 8 \cdot 10^5 \text{ mol}$$

#### 12. B

Balancando a equação com os menores números inteiros possíveis, temos:



#### 13. A



$$16 \text{ g} \text{ — } 2 \text{ mol}$$

$$40 \text{ g} \text{ — } x$$

$$x = 5 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol} \text{ — } 22,4 \text{ L}$$

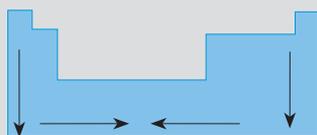
$$5 \text{ mol} \text{ — } V$$

$$V = 112 \text{ L}$$

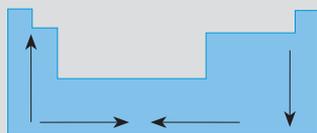
14. a) O tungstênio (W) apresenta a maior temperatura de fusão e densidade, pois, de acordo com

as propriedades periódicas, a elevação ocorre da seguinte maneira:

A densidade aumenta no sentido do elemento químico ósmio:



De maneira imprecisa, podemos generalizar que as temperaturas de fusão e ebulição aumentam no sentido das flechas:



$$b) \quad 1 \text{ mol Hg} \text{ — } 200 \text{ g}$$

$$1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol Hg} \text{ — } m_{\text{Hg}}$$

$$m_{\text{Hg}} = 200 \cdot 10^{-4} \text{ g} = 20 \text{ mg}$$

Para atingir o limite máximo, vem:

$$0,04 \text{ mg Hg} \text{ — } 1 \text{ m}^3 \text{ de ar}$$

$$20 \text{ mg Hg} \text{ — } V$$

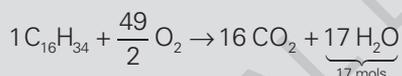
$$V = 500 \text{ m}^3$$

### 15. C

Fórmula do alcano:  $C_n H_{2n+2}$

$$n = 16 \Rightarrow C_{16} H_{2 \cdot 16+2} \Rightarrow C_{16} H_{34}$$

Então:



São produzidos 17 mols de moléculas de água.

### 16. $TiCl_4 = 189,9$

Balaceando a equação, vem:

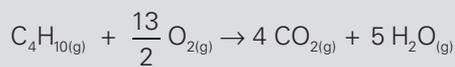


$$189,9 \text{ g} \text{ — } 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos de Mg}$$

$$63,3 \text{ g} \text{ — } n_{\text{átomos de Mg}}$$

$$n_{\text{átomos de Mg}} = 4,01 \cdot 10^{23} \text{ átomos de Mg}$$

### 17. Balaceando a equação, vem:



$$58 \text{ g} \text{ — } 4 \cdot 24,5 \text{ L}$$

$$174 \text{ g} \text{ — } V_{CO_2}$$

$$V_{CO_2} = 294,0 \text{ L}$$

## Estudo para o Enem

### 18. D

$$1 \text{ 000 L} \text{ — } 45 \text{ g de partículas em suspensão}$$

$$3 \text{ 000 L} \text{ — } 135 \text{ g de partículas em suspensão}$$

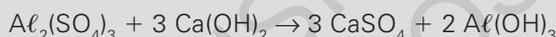
$$10 \text{ g de } Al(OH)_3 \text{ — } 2 \text{ g de partículas em suspensão}$$

$$m_{Al(OH)_3} \text{ — } 135 \text{ g de partículas em suspensão}$$

$$m_{Al(OH)_3} = 675 \text{ g}$$

$$Al_2(SO_4)_3 = 342 \text{ g/mol}$$

$$Al(OH)_3 = 78 \text{ g/mol}$$



$$342 \text{ g} \text{ — } 2 \cdot 78 \text{ g}$$

$$m_{Al_2(SO_4)_3} \text{ — } 675 \text{ g}$$

$$m_{Al_2(SO_4)_3} = 1479,8 \text{ g} \approx 1480 \text{ g}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

### 19. B



$$2 \cdot 17 \text{ g} \text{ — } 3 \cdot 22,4 \text{ L} \text{ — } 22,4 \text{ L}$$

$$1,7 \cdot 10^5 \text{ g} \text{ — } V_{H_2} \text{ — } V_{N_2}$$

$$V_{H_2} = 3,36 \cdot 10^5 \text{ L}$$

$$V_{N_2} = 1,12 \cdot 10^5 \text{ L}$$

$$V_{\text{total}} = V_{H_2} + V_{N_2}$$

$$V_{\text{total}} = 3,36 \cdot 10^5 \text{ L} + 1,12 \cdot 10^5 \text{ L}$$

$$V_{\text{total}} = 4,48 \cdot 10^5 \text{ L}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

## 20. C

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol de Pb} \text{ — } 207,2 \text{ g} \\ x \text{ — } 0,006 \text{ g (60\% de Pb)} \end{array}$$

$$x = 2,89 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol} \text{ — } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos} \\ 2,89 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \text{ — } z \\ z = 1,74 \cdot 10^{19} \text{ átomos de Pb absorvida} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 1,74 \cdot 10^{19} \text{ átomos} \text{ — } 2 \text{ 000 g} \\ y \text{ átomos} \text{ — } 1 \text{ g} \\ y = 8,7 \cdot 10^{15} \text{ átomos/g de peixe.} \end{array}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOMBOSCO

## 13 CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS II: LIMITANTES, REAÇÕES SUCESSIVAS, PUREZA E RENDIMENTO

### Comentário sobre o módulo

Estudamos as relações estequiométricas envolvendo reagentes limitantes e em excesso, bem como a estequiometria envolvendo reações sucessivas.

Estudamos as relações estequiométricas envolvendo pureza de reagentes e rendimento de reações químicas.

### Para ir além

Avaliação das possibilidades de uso de vídeos digitais didáticos de experimentos para o ensino de estequiometria. Disponível em:

<<http://www.sbg.org.br/eneq/xv/resumos/R1131-1.pdf>>

Acesso em: set. 2018.

A evolução dos reagentes químicos comerciais através dos rótulos e frascos. Disponível em:

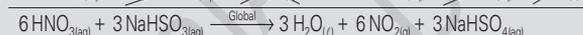
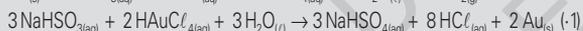
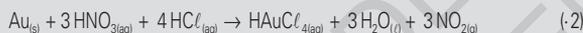
<<http://submission.quimicanova.sbg.org.br/qn/qnol/2004/vol27n5/26-AG03191.pdf?agreq=pureza%20de%20reagente&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>>

Acesso em: jul. 2018.

### Exercícios propostos

#### 7. C

Com base nas equações fornecidas no texto, vem:



$$\text{HNO}_3 = 63; \text{NaHSO}_3 = 104.$$

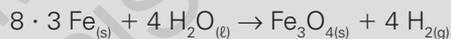


$$6 \cdot 63 \text{ g} \text{ — } 3 \cdot 104 \text{ g}$$

$$252 \text{ g} \text{ — } m_{\text{NaHSO}_3}$$

$$m_{\text{NaHSO}_3} = 208 \text{ g}$$

#### 8.



$$3 \cdot 56 \text{ g de Fe} \text{ — } 4 \cdot 18 \text{ g de H}_2\text{O}$$

$$32,6 \text{ g de Fe} \text{ — } 20 \text{ g de H}_2\text{O}$$

$$\frac{20 \cdot 3 \cdot 56}{3 \cdot 360} - \frac{32,6 \cdot 4 \cdot 18}{2347,2}$$

$$\frac{32,6 \text{ g}}{\text{Limitante}} - \frac{20 \text{ g}}{\text{Excesso}}$$

$$3 \cdot 56 \text{ g de Fe} \text{ — } 1 \text{ mol de Fe}_3\text{O}_4$$

$$32,6 \text{ g de Fe} \text{ — } n$$

$$n = 0,194 \approx 0,2 \text{ mol de Fe}_3\text{O}_4$$

#### 9. B

$$\text{NH}_2\text{Cl} = 51,5$$

$$\text{NH}_3 = 17$$

$$\text{N}_2\text{H}_4 = 32$$



$$51,5 \text{ g} \text{ — } 17 \text{ g} \text{ — } 32 \text{ g}$$

$$10,0 \text{ g} \text{ — } 10,0 \text{ g} \text{ — } m_{\text{N}_2\text{H}_4}$$

$$51,5 \cdot 10,0 > 17 \cdot 10,0$$



$$51,5 \text{ g} \text{ — } 17 \text{ g} \text{ — } 32 \text{ g}$$

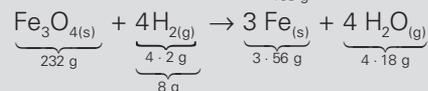
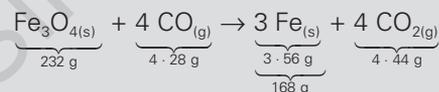
$$10,0 \text{ g} \text{ — } 10,0 \text{ g} \text{ — } m_{\text{N}_2\text{H}_4}$$

Excesso

$$m_{\text{N}_2\text{H}_4} = \frac{10,0 \text{ g} \cdot 32 \text{ g}}{51,5 \text{ g}} \approx 6,21 \text{ g}$$

#### 10. 06 (02 + 04)

**01)** Incorreto. Em processos separados, quantidades idênticas em massa de monóxido de carbono e de hidrogênio produzem quantidades diferentes de ferro metálico, por meio de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  em excesso estequiométrico.



$$232 \cdot 14 \text{ g} - 4 \cdot 28 \text{ g} - 3 \cdot 56 \cdot 14 \text{ g} - 4 \cdot 18 \cdot 14 \text{ g}$$

**02)** Correto. É possível produzir 1,5 tonelada de ferro, utilizando-se 1 tonelada de monóxido de carbono e uma quantidade de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  suficiente.



$$4 \cdot 28 \text{ t CO} \text{ — } 3 \cdot 56 \text{ t Fe}$$

$$1 \text{ t CO} \text{ — } x$$

$$x = 1,5 \text{ t de Fe}$$

**04)** Correto. Em um reator contendo 2,5 kg de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  e 80 g de  $\text{H}_2$ , o hidrogênio é o reagente limitante da reação.



$$232 \text{ g Fe}_3\text{O}_4 \text{ — } 4 \cdot 2 \text{ g H}_2$$

$$2500 \text{ g Fe}_3\text{O}_4 \text{ — } 80 \text{ g H}_2$$

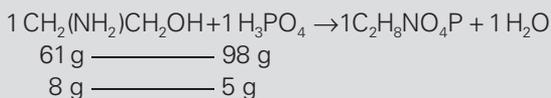
Excesso Limitante

$$2500 \cdot 4 \cdot 2 > 232 \cdot 80$$

$$\frac{20000}{18560}$$

11. C

$\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{OH} = 61 \text{ g/mol}$ ;  $\text{H}_3\text{PO}_4 = 98 \text{ g/mol}$ ;  
 $\text{C}_2\text{H}_8\text{NO}_4\text{P} = 141 \text{ g/mol}$ .



$$\underbrace{(61 \cdot 5)}_{305} < \underbrace{(98 \cdot 8)}_{784 \text{ (excesso)}}$$

98 g de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ——— 141 g de  $\text{C}_2\text{H}_8\text{NO}_4\text{P}$   
 5 g de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ——— x g de  $\text{C}_2\text{H}_8\text{NO}_4\text{P}$

$$m_{\text{C}_2\text{H}_8\text{NO}_4\text{P}} = \frac{5 \text{ g} \cdot 141 \text{ g}}{98 \text{ g}}$$

$$m_{\text{C}_2\text{H}_8\text{NO}_4\text{P}} \approx 7,2 \text{ g}$$

Para o excesso:

$$61 \text{ g} \text{ ————— } 141 \text{ g}$$

$$y \text{ g} \text{ ————— } 7,2 \text{ g}$$

$$y = 3,1 \text{ g de } \text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{OH}$$

$$8,0 \text{ g} - 3,1 \text{ g} = 4,9 \text{ g de } \text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{OH em excesso}$$

12.

a) Considerando 1 mol de benzeno reagindo com 1 mol de bromo:

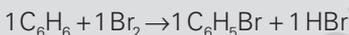
$\text{C}_6\text{H}_6 = 78$ ;  $\text{Br}_2 = 160$ .



$$78 \text{ g} \text{ — } 160 \text{ g}$$

$$50 \text{ g} \text{ — } 100 \text{ g}$$

$$\underbrace{160 \cdot 50}_{8000 \text{ (excesso; } \text{C}_6\text{H}_6)} > \underbrace{78 \cdot 100}_{7800 \text{ (limitante; } \text{Br}_2)}$$



$$78 \text{ g} \text{ — } 160 \text{ g}$$

$$m_{\text{C}_6\text{H}_6} \text{ — } 100 \text{ g}$$

$$m_{\text{C}_6\text{H}_6} = 48,75 \text{ g}$$



$$78 \text{ g} \text{ — } 160 \text{ g}$$

$$48,75 \text{ g} \text{ — } 100 \text{ g}$$

Conclusão: a lei de Proust não será obedecida para 50 g de benzeno, pois existe 1,25 g de excesso de reagente.

b) Em conformidade à lei de Proust, vem:

$\text{C}_6\text{H}_5\text{Br} = 157$



$$160 \text{ g} \text{ — } 157 \text{ g}$$

$$100 \text{ g} \text{ — } m_{\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}}$$

$$m_{\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}} = 98,125 \text{ g}$$

13.  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

246 g de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  ——— 120 g de  $\text{MgSO}_4$

4,1 g de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  ——— x

$$x = 2 \text{ g de } \text{MgSO}_4$$

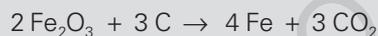
2 g de  $\text{MgSO}_4$  ——— 100%

1,5 g de  $\text{MgSO}_4$  ——— y

$$y = 75\%$$

14. São utilizados 900 g de hematita, com 35% de impurezas, então:

100% – 35% (impurezas) = 65% de pureza

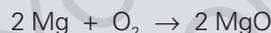


$$2 \cdot 160 \text{ g} \text{ — } 4 \cdot 56 \text{ g}$$

$$0,65 \cdot 900 \text{ g} \text{ — } m_{\text{Fe}}$$

$$m_{\text{Fe}} = 409,5 \text{ g}$$

15. B

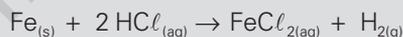


$$2 \cdot 24 \text{ — } 2 \cdot 40$$

$$2,4 \text{ (3 g 80\%)} \text{ — } x$$

$$x = 4 \text{ g}$$

16. D



$$73 \text{ g} \text{ — } 1 \text{ mol}$$

$$x \text{ g} \text{ — } 0,002 \text{ mol}$$

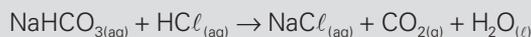
$$x = 0,146 \text{ g de HCl}$$

$$0,146 \text{ g} \text{ — } 80\%$$

$$y \text{ g} \text{ — } 100\%$$

$$y = 0,1825 \text{ g ou } 1,825 \cdot 10^{-1} \text{ g de HCl}$$

17. Cálculo da massa de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ):



$$1 \text{ mol} \text{ — } 1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NaHCO}_3} \text{ — } 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{NaHCO}_3} = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$M_{\text{NaHCO}_3} = 84 \text{ g/mol}$$

$$m_{\text{NaHCO}_3} = 8,0 \cdot 10^{-3} \cdot 84 = 672 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 0,672 \text{ g}$$

A formulação indica que cada 100 mL de solução aquosa contém 8,4 g de  $\text{NaHCO}_3$ . A ampola comercializada apresenta 10 mL, então:

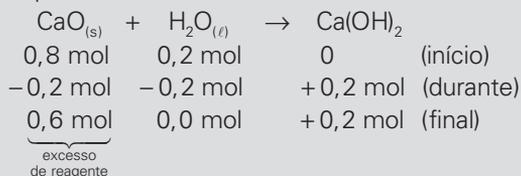
100 mL — 8,4 g de  $\text{NaHCO}_3$   
 10 mL — 0,84 g de  $\text{NaHCO}_3$   
 0,84 g — 100 %  
 0,672 g — p  
 p = 80 %

## Estudo para o Enem

### 18. C

Com base nos dados fornecidos na tabela, vem:

Experimento 2:



$$m_{\text{Ca(OH)}_2} = 0,2 \cdot 74 \text{ g} = 14,8 \text{ g} \approx 15 \text{ g}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

### 19. C

É bastante intuitivo que 1 mol de ZnS gere 1 mol de Zn, pela “conservação do zinco.” Para confirmar essa intuição, pode ser feito mais uma vez o balanceamento em cascata: multiplica-se a segunda equação por 2 e soma-se membro a membro com a primeira equação. Eliminam-se as espécies químicas comuns aos dois membros, chegando à equação



que nos mostra que a proporção molar ZnS : Zn é 2 : 2, ou seja, 1 : 1. Em 100 kg de esfalerita com 75% de pureza, existem 75 kg de ZnS, cuja massa molar é 97 g/mol. Como a proporção molar é 1 : 1, podemos escrever:

$$n(\text{ZnS}) = n(\text{Zn}) \Rightarrow \frac{m(\text{ZnS})}{M(\text{ZnS})} \Rightarrow \frac{75 \text{ kg}}{97 \text{ g/mol}} = \frac{m(\text{Zn})}{65 \text{ g/mol}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m(\text{Zn}) = \frac{75 \cdot 65}{97} = 50,26 \text{ kg}$$

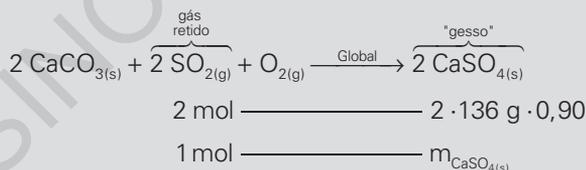
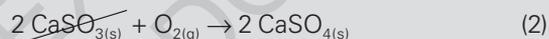
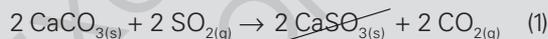
Obtemos 50,26 kg, ou seja, aproximadamente 50 kg.

Portanto, o rendimento de 80% da reação:  $0,8 \cdot 50,26 \text{ kg} = 40,21 \text{ kg} \approx 40 \text{ kg}$ .

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

### 20. C



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

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

## 14 GASES I: VARIÁVEIS DE ESTADO, TRANSFORMAÇÕES GASOSAS E EQUAÇÃO GERAL DOS GASES

### Comentário sobre o módulo

Estudamos as variáveis de estado de um gás e suas transformações gasosas, sendo elas a isotérmica, a isobárica e a isovolumétrica.

Estudamos a equação geral dos gases e suas aplicações nas resoluções de problemas.

### Para ir além

- FELTRE, R. *Química*. Fundamentos da química. 4. ed. v. único. São Paulo: Moderna, 2005.
- TITO, M.P. e CANTO, E.L. *Química na abordagem do cotidiano*. v. único. São Paulo: Moderna, 2002.
- USBERCO, J. e SALVADOR, E. *Química*. 9. ed. v. único. São Paulo: Saraiva, 2013.

### Exercícios propostos

#### 7. B

A ocorrência de maiores distâncias de *field goals* em Denver reside no fato de que, na altitude de Denver (1700 m), o ar é mais rarefeito, consequentemente, sua resistência é menor.

#### 8. D

Considere dois estados distintos (estado inicial i e estado final f) de uma mesma massa gasosa. Aplicando a equação geral dos gases nessas duas situações, temos:

$$\frac{P_i \cdot V_i}{T_i} = \frac{P_f \cdot V_f}{T_f}$$

$$\frac{3 \cdot P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{2 \cdot P_0 \cdot V_0}{T_1}$$

$$\frac{3}{T_0} = \frac{2}{T_1} \Rightarrow T_0 = \frac{3 \cdot T_1}{2} \Rightarrow T_0 = 1,5 \cdot T_1 \Rightarrow T_0 < T_1$$

$$\frac{2 \cdot P_0 \cdot V_0}{T_1} = \frac{2 \cdot P_0 \cdot 2 \cdot V_0}{T_2} \Rightarrow 2 \cdot T_2 = 4 \cdot T_1$$

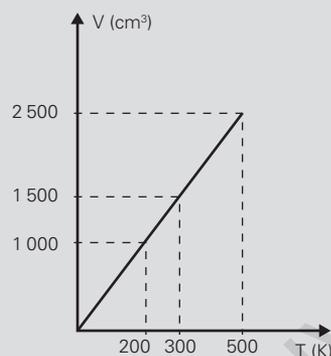
$$T_1 = 2 \cdot T_2 \Rightarrow T_1 > T_2$$

$$9. \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{1500}{300} = \frac{2500}{T_2} = T_2 = 500 \text{ K}$$

$$\frac{1500}{300} = \frac{V_2}{200} = V_2 = 1000 \text{ cm}^3$$

O gráfico que representa  $V \times T$  é:



$$10. V_1 > V_2 \Rightarrow P_1 < P_2 \quad (\text{de acordo com a figura})$$

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} \xrightarrow{\alpha\text{-Transformação isotérmica } (T_1 = T_2)} \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

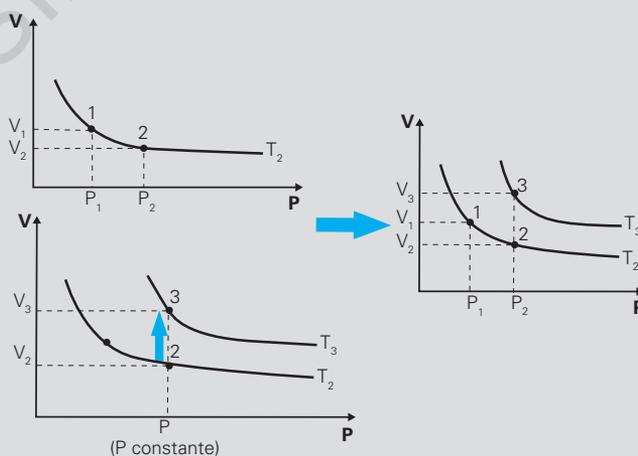
$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \quad (\text{hipérbole equilátera})$$

$$V_2 < V_3 \Rightarrow T_2 < T_3 \quad (\text{de acordo com a figura})$$

$$\frac{P_2' \cdot V_2}{T_2} \xrightarrow{\beta\text{-Transformação isobárica } (P_2 = P_3)} \frac{P_3' \cdot V_3}{T_3}$$

$$P = \text{constante}; \quad \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$$

### Conclusão



$$11. V - V - F - F - V$$

As partículas que formam a substância no estado gasoso não apresentam nenhum tipo de ligação química e mantêm-se afastadas em razão de um movimento intenso e constante. Um gás ideal, como a palavra já diz, é um gás idealizado no qual as moléculas são consideradas pontos sem dimensão, sem nenhum tipo de atração entre si. Apesar de não existir na natureza, o seu comportamento pode ser comparado ao de um gás real em altas temperaturas e baixas pressões, em que a atração entre as moléculas é nula.

No gás ideal:

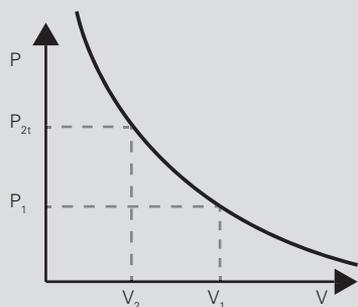
1ª) não existem forças de atração intermoleculares (exceto no instante em que ocorrem colisões perfeitamente elásticas entre as moléculas);

2ª) o volume ocupado pelas moléculas é desprezível em comparação ao volume do recipiente ocupado pelo gás.

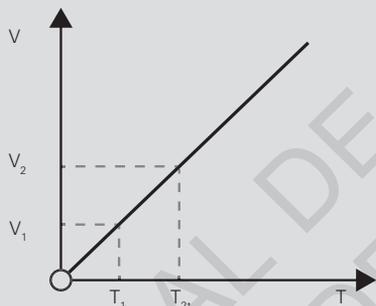
As equações de estado de gases ideais independem da natureza química do gás.

Numa mistura gasosa ideal, a soma das pressões parciais equivale à pressão total do sistema.

Transformação isotérmica (a temperatura é mantida constante):



Transformação isobárica (a pressão é mantida constante):



**12.** Temperatura ao nível do mar :

$$T_0 = 27 + 273 \Rightarrow T_0 = 300 \text{ K}$$

Temperatura na altura máxima :

$$T = -50 + 273 \Rightarrow T = 223 \text{ K}$$

a) Variação da temperatura :

$$\Delta T = \frac{T - T_0}{T_0} = \frac{223 - 300}{300} \approx -0,2567$$

$$\therefore \Delta T = -25,67\%$$

b) Pela equação geral dos gases, temos :

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P \cdot V}{T}$$

$$\frac{P_0 \cdot 360}{300} = \frac{0,01 \cdot P_0 \cdot V}{223}$$

$$3 \cdot V = 360 \cdot 223$$

$$\therefore V = 26\,760 \text{ m}^3$$

**13. C**

Como a transformação acontece à pressão constante (isobárica), utilizaremos a lei de Charles para analisar o que acontece com o volume no segundo experimento.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Como as variáveis na lei de Charles são diretamente proporcionais, se a temperatura aumentar no segundo experimento, então, consequentemente, o volume também aumentará.

**14.** A temperatura dos pneus, recolhidos na fuselagem, era  $-13^\circ \text{C}$  ( $-13 + 273 = 260 \text{ K}$ ) durante o voo. Próximo ao pouso, a temperatura desses pneus passou a ser  $27^\circ \text{C}$  ( $27 + 273 = 300 \text{ K}$ ), e a pressão, 30 atm, mas seu volume interno não varia, ou seja, trata-se de uma transformação isovolumétrica.

$$\frac{P_{\text{pneus recolhidos}}}{T_{\text{pneus recolhidos}}} = \frac{P_{\text{pneus pouso}}}{T_{\text{pneus pouso}}}$$

$$\frac{P_{\text{pneus recolhidos}}}{260 \text{ K}} = \frac{30 \text{ atm}}{300 \text{ K}}$$

$$P_{\text{pneus recolhidos}} = \frac{30 \text{ atm} \cdot 260 \text{ K}}{300 \text{ K}}$$

$$P_{\text{pneus recolhidos}} = 26 \text{ atm}$$

**15.**  $\frac{1 \cdot 1\,000}{600} = \frac{P_2 \cdot 25}{298}$

$$P_2 = 20 \text{ atm}$$

**16.**  $P_1 = 2 \text{ atm}; T_1 = 282 \text{ K}; V_1 = V_1$

$$P_2 = ?; T_2 = 310 \text{ K}; V_2 = V_1 + 10\% \cdot V_1$$

$$V_2 = V_1 + 10\% \Rightarrow V_2 = V_1 + 0,1V_1 \Rightarrow V_2 = 1,1 \cdot V_1$$

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{V_2 \cdot T_1}$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot \cancel{V_1} \cdot 310}{1,1 \cdot \cancel{V_1} \cdot 282}$$

$$P_2 \approx 2 \text{ atm}$$

A pressão manteve-se constante em 2 atm.

**17. C**

Como a temperatura e o número de mols são os mesmos em A e B, vem:

$$P_A \cdot V_A = P_B \cdot V_B$$

$$P_A \cdot 1 = P_B \cdot 2$$

$$P_A = 2 P_B$$

$$P_A \cdot V_A = P'_A \cdot V'_A$$

$$P_A \cdot 1 = 2 \cdot P_A \cdot V'_A$$

$$V'_A = \frac{1}{2}$$

$$P_B \cdot V_B = P'_B \cdot V'_B$$

$$P_B \cdot 2 = 2 \cdot P_B \cdot V'_B$$

$$V'_B = 1$$

### Estudo para o Enem

18. C

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\frac{4 \cdot 10^4 \cdot 2}{300} = \frac{P_2 \cdot 3}{450}$$

$$V_2 = 4 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

19. D

$$\frac{P_f \cdot V_f}{T_f} = \frac{P_i \cdot V_i}{T_i}$$

$$\frac{V_f}{V_i} = \frac{P_i \cdot T_f}{P_f \cdot T_i}$$

$$P_i = 1 \text{ atm}$$

$$P_f = 0,005 \text{ atm}$$

$$T_i = 27 \text{ }^\circ\text{C} + 273 = 300 \text{ K}$$

$$T_f = -23 \text{ }^\circ\text{C} + 273 = 250 \text{ K}$$

$$\frac{V_f}{V_i} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 250 \text{ K}}{0,005 \text{ atm} \cdot 300 \text{ K}}$$

$$\frac{V_f}{V_i} = \frac{250}{1,5}$$

$$\frac{V_f}{V_i} = 166,6 \approx 167$$

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. B

Pode-se considerar que a pressão interna do gás é equivalente à pressão externa exercida pela água. Ocorre que, durante a subida, a pressão hidrostática vai diminuindo e, portanto, a pressão interna do gás também sofre diminuição. Nesse caso, desconsideramos o efeito da temperatura, a qual permanece constante.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO  
SISTEMA DE ENSINO

## 15 GASES II: PRINCÍPIO DE AVOGADRO, VOLUME MOLAR E EQUAÇÃO DE CLAPEYRON

### Comentário sobre o módulo

Estudamos os conceitos do Princípio de Avogadro e de Volume molar, bem como suas aplicações nas resoluções de problemas.

Estudamos a Equação de Estado de um gás ideal (Equação de Clapeyron) e suas aplicações na resolução de problemas.

### Para ir além

*Como a Química funciona?* Reflexões epistemológicas e a determinação de fórmulas e pesos atômicos com base nas leis Ponderais e na Teoria Atômica de Dalton. Disponível em:

<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc14/v14a02.pdf>>

Acesso em: 15 jul. 2018.

*Temperatura, pressão e volume molar.* Disponível em:

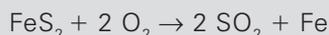
<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc02/atual2.pdf>>

Acesso em: 15 jul. 2018.

### Exercícios propostos

7. B

A pirita possui persulfeto de ferro ( $\text{FeS}_2$ ).



$$m_{\text{SO}_2} = 16 \text{ g}; M_{\text{SO}_2} = 64 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{SO}_2} = \frac{m}{M} = \frac{16}{64} = 0,25 \text{ mol}$$

Condições ambientes: 25 °C (298 K) e 1 atm.

$$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$1 \cdot V = 0,25 \cdot 0,082 \cdot 298$$

$$V = 6109 \text{ L} \approx 6 \text{ L}$$

8.  $R = 8,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$V = 160 \text{ m}^3$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$T = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$1 \cdot 160 = n_{\text{CH}_4} \cdot 8,2 \cdot 10^{-5} \cdot 298$$

$$n_{\text{CH}_4} = 6547,7 \text{ mol}$$

Então,

$$n' = 6547,7 \text{ mol}$$

$$V' = 1 \text{ m}^3$$

$$T' = 0 + 273 = 273 \text{ K}$$

$$P' \cdot V' = n' \cdot R \cdot T'$$

$$P' \cdot 1 = 6547,7 \cdot 8,2 \cdot 10^{-5} \cdot 273$$

$$P' = 146,58 \text{ atm} \approx 146 \text{ atm}$$

9. B

a) Incorreto. A volume constante, a pressão de um gás será diretamente proporcional à temperatura absoluta.

b) Correto. A pressão é inversamente proporcional ao volume, ou seja, ao diminuir a pressão, o volume aumenta em condições ideais, mantendo constantes o número de mols e a temperatura.

c) Incorreto. A pressão e o volume de gases ideais dependem da temperatura absoluta em que se encontram.

d) Incorreto. Aumentando o número de mols de um gás ideal, o volume também aumenta, se T e P permanecem constantes.

e) Incorreto. A temperatura somente se mantém constante numa transformação isotérmica.

10.  $P_{\text{inicial}} = 6 \text{ atm}; V_{\text{inicial}} = 10 \text{ L}; n_{\text{inicial}} = 2 \text{ mol}$   
 $P_{\text{final}} = 3 \text{ atm}; V_{\text{final}} = 5 \text{ L}; n_{\text{final}} = 2 \text{ mol}$

$$P_{\text{inicial}} \cdot V_{\text{inicial}} = n_{\text{inicial}} \cdot R \cdot T_{\text{inicial}}$$

$$6 \cdot 10 = 2 \cdot 0,082 \cdot T_{\text{inicial}}$$

$$T_{\text{inicial}} = \frac{60}{0,164}$$

$$T_{\text{inicial}} = 365,85 \text{ K}$$

$$P_{\text{final}} \cdot V_{\text{final}} = n_{\text{final}} \cdot R \cdot T_{\text{final}}$$

$$3 \cdot 5 = 2 \cdot 0,082 \cdot T_{\text{final}}$$

$$T_{\text{final}} = \frac{15}{0,164}$$

$$T_{\text{final}} = 91,46 \text{ K}$$

11.  $n_{\text{CO}_2} = \frac{\text{massa}}{\text{MM}} = \frac{2}{44} = 0,045 \text{ mol}$

$$25 \text{ °C} = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$1 \cdot V = 0,045 \cdot 0,082 \cdot 298$$

$$V = 1,1 \text{ L}$$

12. a) Pela equação geral dos gases, vem:

$$\frac{P_{\text{inicial}} \cdot V_{\text{inicial}}}{T_{\text{inicial}}} = \frac{P_{\text{final}} \cdot V_{\text{final}}}{T_{\text{final}}}$$

$$\frac{1 \text{ atm} \cdot 2,5 \text{ L}}{298 \text{ K}} = \frac{0,85 \cdot V_{\text{final}}}{288}$$

$$V_{\text{final}} = 2,84 \text{ L}$$

b) Não ocorrerá alteração no volume de gás armazenado no recipiente, pois, de acordo com a Hipótese de Avogadro, nas mesmas condições de pressão e temperatura, o mesmo número de mols de qualquer gás ocupará o mesmo volume.

**13. B**

$$m = 4,80 \text{ g}; V = 1 \text{ L}; P = 1,5 \text{ atm}$$

$$T = 27 \text{ }^\circ\text{C} + 273 = 300 \text{ K}$$

$$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

$$M = \frac{m}{P \cdot V} \cdot R \cdot T$$

$$M = \frac{4,80}{1,5 \cdot 1} \cdot 0,082 \cdot 300$$

$$M = 78,72 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{SO}_3} = 80 \text{ g/mol}$$

$$78,72 \text{ (valor próximo a 80)}$$

Conclusão: trióxido de enxofre.

**14. C**

$$\frac{\text{C}_4}{4 \cdot 12} \frac{\text{H}_{10}}{10 \cdot 1} \Rightarrow M_{\text{isobutano}} = 58 \text{ g/mol}$$

CATP : 25 L em 1 mol

$$58 \text{ g} \text{ — } 25 \text{ L}$$

$$x \text{ — } 10^{-3} \text{ mL}$$

$$x = 0,00232 \text{ g} \therefore 2,32 \text{ mg} \approx 2 \text{ mg}$$

**15. 07 (01 + 02 + 04)**

**01.** Correta. Nas CNTP,

$$1 \text{ mol} \text{ — } 22,4 \text{ L}$$

$$\frac{30 \text{ g}}{2 \text{ g/mol}} \text{ — } V$$

$$V = 336 \text{ L}$$

**02.** Correta. Nas CNTP,

$$1 \text{ mol} \text{ — } 24,4 \text{ L}$$

$$\frac{84 \text{ g}}{28 \text{ g/mol}} \text{ — } V$$

$$V = 67,2 \text{ L}$$

**04.** Correta. Nas CNTP, o volume do recipiente é de 448 litros.

$$1 \text{ mol} \text{ — } 22,4 \text{ L}$$

$$20 \text{ mol} \text{ — } x$$

$$x = 448 \text{ L}$$

**08.** Incorreta. Essa mistura não será sempre homogênea, entre as temperaturas de  $-270 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ , a 5 atm de pressão. A temperatura de liquefação do nitrogênio é de  $-196 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**16. D**

**I.** Incorreto. As massas são diferentes.

De acordo com o Princípio de Avogadro, nas mesmas condições de temperatura e pressão, o mesmo volume de um gás possui o mesmo número de moléculas.

$$n_{\text{H}_2} = n_{\text{Ar}} \Rightarrow \frac{m_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2}} = \frac{m_{\text{Ar}}}{M_{\text{Ar}}} \Rightarrow \frac{m_{\text{H}_2}}{2} = \frac{m_{\text{Ar}}}{40}$$

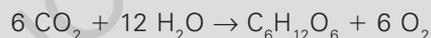
$$m_{\text{Ar}} = \frac{40}{2} m_{\text{H}_2} \Rightarrow m_{\text{Ar}} = 20 \cdot m_{\text{H}_2}$$

**II.** Correto. Comportam-se como gases ideais, ou seja, o volume das moléculas e a atração intermolecular são desprezíveis e os choques são considerados perfeitamente elásticos.

**III.** Incorreto. A molécula de hidrogênio tem dois átomos e o argônio é monoatômico.

**IV.** Correto. Têm o mesmo número de mols, de acordo com a hipótese de Avogadro.

**17.** A equação da fotossíntese é:



Assim, teremos:

$$6 \text{ mol de CO}_2 \text{ — } 6 \text{ mol de O}_2$$

$$68 \text{ mol de CO}_2 \text{ — } n_{\text{O}_2}$$

$$n_{\text{O}_2} = 68 \text{ mol de O}_2$$

Considerando que o gás se encontra na CNTP, teremos:

$$1 \text{ mol de O}_2 \text{ — } 22,4 \text{ L}$$

$$68 \text{ mol de O}_2 \text{ — } V_{\text{O}_2}$$

$$V_{\text{O}_2} = 1523,2 \text{ L}$$

**Estudo para o Enem****18. C**

Analisando a tabela apresentada no enunciado, podemos dizer que os volumes e as temperaturas dos cinco gases são iguais. Logo, a pressão é diretamente proporcional ao número de mols dos gases.

$$P \propto n$$

Então:

Para o  $\text{H}_2$ , temos:

$$1 \text{ mol de H}_2 \text{ — } 2 \cdot 6 \cdot 10^{23}$$

$$2 \text{ mol de H}_2 \text{ — } x$$

$$x = 2,4 \cdot 10^{24} \text{ átomos}$$

Repetindo o mesmo cálculo para os outros gases, chegaremos à conclusão de que o recipiente que contém a mesma quantidade de átomos que o recipiente contendo  $H_2$  é o recipiente 3, que contém Hélio (He), pois:

$$1 \text{ mol de He} \text{ ——— } 6 \cdot 10^{23} \text{ átomos}$$

$$4 \text{ mol de He} \text{ ——— } y$$

$$y = 2,4 \cdot 10^{24} \text{ átomos.}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

### 19. E

$$n_{O_2} = n_{C_3H_8}$$

número de mols de átomos de O =  $2n$  (2 átomos/molécula)

número de mols de átomos de C e H =  $11n$  (11 átomos/molécula)

$$\text{Quociente} = \frac{2n}{11n} = \frac{2}{11}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

### 20. D

$$750 \text{ mol} \text{ ——— } 60\%$$

$$x \text{ ——— } 100\%$$

$$x = 1250 \text{ mol}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$P \cdot 10\,000 = 1\,250 \cdot 0,082 \cdot 320$$

$$P = 3,28 \text{ atm} \approx 3,3 \text{ atm}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

## 16 GASES III: MISTURAS GASOSAS, DENSIDADE, DIFUSÃO E EFUSÃO

### Comentário sobre o módulo

Estudamos as misturas gasosas, bem como as soluções de problemas envolvendo esse conceito. Além disso, também serão vistos os conceitos de pressão parcial, de volume parcial e de fração molar.

Estudamos a densidade dos gases, a densidade absoluta e a relativa e os conceitos de efusão e difusão de gases.

### Para ir além

- FELTRE, R. *Fundamentos da Química*. 4. ed. v. único. São Paulo: Moderna, 2005.
- TITO, M.P. e CANTO, E.L. *Química na abordagem do cotidiano*. v. único. São Paulo: Moderna, 2002.
- USBERCO, J. e SALVADOR, E. *Química*. 9. ed. v. único. São Paulo: Saraiva, 2013.

### Exercícios propostos

7. Pela lei de Graham:

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

Isso significa que a velocidade de efusão dos gases será maior quanto menor for sua massa molecular. Logo, a ordem será:  $\text{NH}_3$  (17 g/mol),  $\text{H}_2\text{S}$  (34 g/mol) e  $\text{SO}_2$  (64 g/mol).

8. D

I. Correta. A densidade de um gás diminui à medida que ele é aquecido sob pressão constante.

$$d_{\text{gás}} = \frac{\overbrace{\text{constante}}^{\text{constante}}}{\underbrace{R \cdot T}_{\text{aumenta}}} \cdot M \Rightarrow \overbrace{d_{\text{gás}}}_{\text{diminui}} = \frac{\overbrace{\text{constante}}^{\text{constante}}}{\underbrace{R \cdot T}_{\text{aumenta}}} \cdot M$$

II. Correta. A densidade de um gás, num sistema fechado, depende da pressão e da temperatura, ou seja, não varia à medida que este é aquecido sob volume constante.

$$\overbrace{d_{\text{gás}}}_{\text{constante}} = \frac{\overbrace{M_{\text{molar}}}_{\text{constante}}}{\underbrace{V_{\text{molar}}}_{\text{constante}}}$$

III. Incorreta. Quando uma amostra de gás é aquecida sob pressão constante, é verificado o aumento do seu volume e da energia cinética média de suas moléculas.

9. D

Com base nos valores fornecidos, podemos calcular a massa molar (M) do gás.

$$R = 62,4 \text{ mmHg} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1};$$

$$m = 4,4 \text{ g}; V = 3,1 \text{ L}; T = 10 \text{ }^\circ\text{C} + 273 = 283 \text{ K};$$

$$P = 566 \text{ mmHg}$$

$$P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

$$566 \text{ mmHg} \cdot 3,1 \text{ L} = \frac{4,4 \text{ g}}{M} \cdot 62,4 \text{ mmHg} \cdot \text{L} \cdot n$$

$$M = 44,28387 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

A razão entre as densidades (neste caso, massas específicas) dos gases é igual à razão entre as massas molares, então:

$$M_{\text{gás}} = 44,28387 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M_{\text{H}_2} = 2,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\frac{d_{\text{gás}}}{d_{\text{H}_2}} = \frac{M_{\text{gás}}}{M_{\text{H}_2}}$$

$$\frac{d_{\text{gás}}}{d_{\text{H}_2}} = \frac{44,28387 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{2,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 21,92270$$

$$\frac{d_{\text{gás}}}{d_{\text{H}_2}} \approx 22$$

10. D

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad d = \frac{m}{V}$$

$$P \cdot V = \frac{m}{MM} \cdot R \cdot T$$

$$P \cdot MM = \frac{m}{V} \cdot R \cdot T$$

$$P \cdot MM = d \cdot R \cdot T$$

$$MM = \frac{d \cdot R \cdot T}{P}$$

$$MM = \frac{3,710 \cdot 0,082 \cdot (273 + 500 \text{ }^\circ\text{C})}{0,888}$$

$$MM = \frac{235,16}{0,888} = 264,82 \text{ g/mol}$$

$$\frac{264,82}{32} = 8,27 \therefore S_8$$

11. A

De acordo com a lei de Graham:

$v$  = velocidade

$M$  = massa molar

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$



$$\frac{V_{\text{HCl}}}{V_{\text{NH}_3}} = \sqrt{\frac{M_{\text{NH}_3}}{M_{\text{HCl}}}} \Rightarrow \frac{V_{\text{HCl}}}{V_{\text{NH}_3}} = \sqrt{\frac{17}{36,5}}$$

$$V_{\text{HCl}} < V_{\text{NH}_3}$$

O anel forma-se mais próximo do HCl, pois a velocidade de efusão da amônia gasosa é maior. O anel branco formado é o  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sólido, resultado da reação química entre HCl e  $\text{NH}_3$  gasosos.

## 12. C

**a)** Incorreto. Como temos a porcentagem em volume dos gases que compõem a mistura e considerando que todos os gases estão na mesma condição de temperatura e pressão, teremos:

80% do volume é de  $\text{N}_2$  (80% do número de mol total é de  $\text{N}_2$ ).

15% do volume é de  $\text{O}_2$  (15% do número de mol total é de  $\text{O}_2$ ).

5% do volume é de  $\text{CO}_2$  (5% do número de mol total é de  $\text{CO}_2$ ).

Segundo o Princípio de Avogadro, todos os gases na mesma condição de temperatura e pressão ocupam o mesmo volume, ou seja, o volume que um gás ocupa é diretamente proporcional ao número de mol desse gás.

A fração molar do  $\text{CO}_2$  é 0,05.

**b)** Incorreto. Para 1 mol, ou seja, 22,4 L na CNTP, haveria 17,92 L de  $\text{N}_2$ , já que se tem 80% desse gás, porém o enunciado não cita a quantidade de mols presente. Considerando ainda que a capacidade pulmonar média de um adulto é em torno de 6 litros, o valor de 17,92 litros é absurdo.

**c)** Correto. Ao nível do mar, a pressão é de 1 atm ou 760 mmHg. Então, 15% será 114 mmHg.

**d)** Incorreto. De acordo com o enunciado, o excesso de  $\text{CO}_2$  danifica o cérebro.

**e)** Incorreto. O metabolismo celular não deixa de produzir energia na meditação, nesse estado, o corpo enche-se de oxigênio, eliminando o dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ .

## 13. E

$$P_{\text{total}} = P_{\text{ar seco}} + P_{\text{acetona}}$$

$$760 = P_{\text{ar seco}} + 180$$

$$P_{\text{ar seco}} = 580 \text{ mmHg}$$

O tambor foi danificado e seu volume interno diminuiu para 80% do volume inicial, sem que tenha havido vazamento, e a temperatura foi mantida constante, então:

$$P_{\text{inicial}} \cdot V_{\text{inicial}} = P_{\text{final}} \cdot V_{\text{final}}$$

$$P_{\text{inicial}} = P_{\text{acetona}}$$

$$V_{\text{final}} = 0,80 V_{\text{inicial}}$$

$$580 \cdot V_{\text{inicial}} = P_{\text{final}} \cdot 0,80 V_{\text{inicial}}$$

$$P_{\text{final}} = 725 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{total após a queda}} = P_{\text{final}} + P_{\text{acetona}}$$

$$P_{\text{total após a queda}} = 725 + 180 = 905 \text{ mmHg}$$

## 14. V – F – V

De acordo com a hipótese de Avogadro, um mol de metano (16 g), nas mesmas condições de pressão e temperatura, ocupa o mesmo volume que um mol de nitrogênio (28 g).

Na atmosfera, a pressão parcial de  $\text{N}_2$  (75%; 0,75 atm) é três vezes maior do que a pressão parcial de  $\text{O}_2$  (25%; 0,25 atm).

Num recipiente com volume constante contendo a mesma massa de  $\text{CH}_4$  e de  $\text{O}_2$ , a pressão parcial de  $\text{CH}_4$  é duas vezes maior que a pressão parcial de  $\text{O}_2$ :

$$\frac{p_i}{P} = \frac{n_i}{n}$$

$$p_i = \frac{n_i}{n} \cdot P \Rightarrow p_i = \frac{m_i}{M_i} \cdot P$$

$$p_i = \frac{m_i}{M_i} \cdot P$$

Para a mesma massa  $m_i = m$ , vem:

$$p_{\text{CH}_4} = \frac{m}{16 \cdot n} \cdot P$$

$$p_{\text{O}_2} = \frac{m}{32 \cdot n} \cdot P$$

$$\frac{p_{\text{CH}_4}}{p_{\text{O}_2}} = \frac{\frac{m}{16 \cdot n} \cdot P}{\frac{m}{32 \cdot n} \cdot P} \Rightarrow \frac{p_{\text{CH}_4}}{p_{\text{O}_2}} = 2$$

$$p_{\text{CH}_4} = 2 \cdot p_{\text{O}_2}$$

## 15. A

$$V_{\text{cilindro}} = \text{constante}$$

$$R \cdot T = \text{constante}$$

$$p_{\text{gás}} \cdot V_{\text{cilindro}} = n_{\text{gás}} \cdot R \cdot T$$

$$p_{\text{gás}} = n_{\text{gás}} \cdot \frac{R \cdot T}{V_{\text{cilindro}}}$$

$$p_{\text{gás}} = n_{\text{gás}} \cdot k$$

|            |   |  |   |
|------------|---|--|---|
| Cilindro 1 | 7 g de N <sub>2</sub> :<br>$n_{N_2} = \frac{7}{28} = 0,25 \text{ mol}$<br>$p_{N_2} = 0,25 \text{ k}$    | 16 g de O <sub>2</sub> :<br>$n_{O_2} = \frac{16}{32} = 0,50 \text{ mol}$<br>$p_{O_2} = 0,50 \text{ k}$   | 6 g de He:<br>$n_{He} = \frac{6}{4} = 1,50 \text{ mol}$<br>$p_{He} = 1,50 \text{ k}$                        |
| Cilindro 2 | 14 g N <sub>2</sub> :<br>$n_{N_2} = \frac{14}{28} = 0,50 \text{ mol}$<br>$p_{N_2} = 0,50 \text{ k}$     | 8 g de O <sub>2</sub> :<br>$n_{O_2} = \frac{8}{32} = 0,25 \text{ mol}$<br>$p_{O_2} = 0,25 \text{ k}$     | 13 g de CO <sub>2</sub> :<br>$n_{CO_2} = \frac{13}{44} = 0,295 \text{ mol}$<br>$p_{CO_2} = 0,295 \text{ k}$ |
| Cilindro 3 | 8 g de CH <sub>4</sub> :<br>$n_{CH_4} = \frac{8}{16} = 0,50 \text{ mol}$<br>$p_{CH_4} = 0,50 \text{ k}$ | 13 g de O <sub>2</sub> :<br>$n_{O_2} = \frac{13}{32} = 0,406 \text{ mol}$<br>$p_{O_2} = 0,406 \text{ k}$ | 4 g H <sub>2</sub> :<br>$n_{H_2} = \frac{4}{2} = 2,00 \text{ mol}$<br>$p_{H_2} = 2,00 \text{ k}$            |

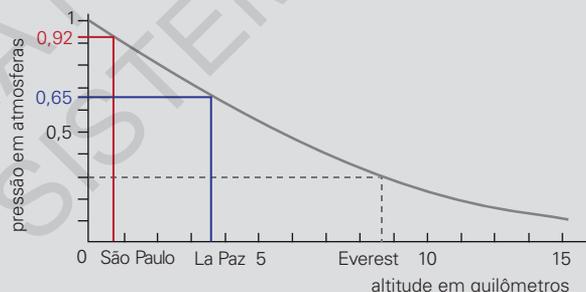
|            | Pressão total:                      |
|------------|-------------------------------------|
| Cilindro 1 | 0,25 k + 0,50 k + 1,50 k = 2,25 k   |
| Cilindro 2 | 0,50 k + 0,25 k + 0,295 k = 1,045 k |
| Cilindro 3 | 0,50 k + 0,406 k + 2,00 k = 2,906 k |

### Conclusões

- O cilindro 1 apresenta a maior pressão parcial de O<sub>2</sub>, comparado aos outros cilindros.
- O cilindro 1 apresenta a menor pressão parcial de N<sub>2</sub>, comparado ao cilindro 2.
- O cilindro 2 apresenta a menor pressão parcial de O<sub>2</sub>, comparado aos outros cilindros.
- O cilindro 3 apresenta a maior pressão total (2,906 k).

### 16.

a)



$$d = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}$$

$$d_{SP} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}; \quad d_{LP} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}$$

$$d_{SP} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}; \quad d_{LP} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}$$

$$\frac{d_{SP}}{d_{LP}} = \frac{0,92 \cdot M}{0,65 \cdot M} = \frac{0,92}{0,65} = 1,4$$

b) A concentração de CO<sub>2</sub> será maior em Aracaju, pois essa cidade se encontra no nível do mar, onde a pressão atmosférica é maior do que em Ouro Preto e, conseqüentemente, ocorrerá menor escape de gás.

17. a) Um mergulhador está numa profundidade de 30 m, então:

Atmosfera: P = 1 atm

Água:

10 m ————— 1 atm

30 m ————— P'

P' = 3 atm

P<sub>total</sub> = P + P'

P<sub>total</sub> = 1 atm + 3 atm

P<sub>total</sub> = 4 atm

b) Cálculo da pressão parcial de gás nitrogênio:

% N<sub>2</sub> = 80%

$$\% \text{ Volume} = \frac{p_{N_2}}{P_{\text{total}}}$$

$$\frac{80}{100} = \frac{p_{N_2}}{4}$$

$$p_{N_2} = 4 \cdot \frac{80}{100}$$

$$p_{N_2} = 3,2 \text{ atm}$$

c) Cálculo da quantidade de matéria (número de mols) pedida:

P<sub>(N<sub>2</sub>),30m</sub> = 3,2 atm

V = 6 L

R = 0,082 L · atm · K<sup>-1</sup> · mol<sup>-1</sup>.

T = 298 K

P · V = n · R · T

$$n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$$

$$n = \frac{3,2 \cdot 6}{0,082 \cdot 298} = 0,7857 \text{ mol} \approx 0,8 \text{ mol}$$

### Estudo para o Enem

18. B

T = constante

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

$$P_{O_2} = P_{\text{total}} - P_{\text{vapor da água}}$$

$$P_{O_2} = 1 \text{ atm} - 0,028 \text{ atm} = 0,972 \text{ atm}$$

$$V_{O_2} = 500 \text{ mL}$$

$$P_{\text{total}} = 1 \text{ atm}$$

$$V_{O_2, \text{ seco}} = ?$$

$$P_{O_2} \cdot V_{O_2} = P_{\text{total}} \cdot V_{O_2, \text{ seco}}$$

$$0,972 \cdot 500 = 1 \cdot V_{O_2, \text{ seco}}$$

$$V_{O_2, \text{ seco}} = 486 \text{ mL}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

### 19. E

Teremos:

$$P_{\text{Total}} = P_{\text{Ar seco}} + P_{\text{acetona}}$$

$$760 = P_{\text{Ar seco}} + 180$$

$$P_{\text{Ar seco}} = 580 \text{ mmHg}$$

O tambor foi danificado e seu volume interno diminuiu para 80% do volume inicial, sem que tenha havido vazamento e a temperatura foi mantida constante, então:

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f$$

$$P_i = P_{\text{Acetona}}$$

$$V_f = 0,80 \cdot V_i$$

$$580 \cdot V_i = P_f \cdot 0,80 \cdot V_i$$

$$P_f = 725 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{Total após queda}} = P_f + P_{\text{Acetona}}$$

$$P_{\text{Total após queda}} = 725 + 180$$

$$P_{\text{Total após queda}} = 905 \text{ mmHg}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

### 20. C

$$\frac{V_{\text{He}}}{V_X} = \sqrt{\frac{M_X}{M_{\text{He}}}}$$

$$\frac{3}{1} = \sqrt{\frac{M_X}{4}}$$

$$\sqrt{M_X} = 6$$

$$M_X = 36 \text{ g/mol}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

QUÍMICA 2

# 1 SUBSTÂNCIAS PURAS, MISTURAS E SEPARAÇÃO DE MISTURAS HETEROGÊNEAS

## Comentário sobre o Módulo

Aqui serão abordados os três estados físicos da matéria: sólido, líquido e gasoso, e suas possíveis mudanças (fusão, ebulição, solidificação, condensação, sublimação e ressublimação), correlacionadas à variação de temperatura e/ou pressão.

### Temas sociocientíficos na contextualização social, cultural e histórica para debates

Consumismo: transformação da sociedade atual

Separação de materiais para reciclagem

A química e o tratamento do lixo

Também são apresentadas as técnicas de separação de misturas heterogêneas comumente encontradas no cotidiano.

## Para ir além

OKI, M. C.; MENDES, M. P. L.; OINHEIRO, B. C. S. – Transformações químicas: concepções e ensino. In: Simpósio Brasileiro de Educação Química, 7, 2019, Salvador. Disponível em:

<<http://www.abq.org.br/simpequi/2009/trabalhos/9-5590.htm>>

Acesso em: fev. 2018.

- Apresenta uma investigação sobre as concepções alternativas que estudantes do E.M. e P.V. têm sobre as transformações químicas.

ROSA, M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento. In: *Química Nova na Escola*, n. 8. p. 31-35, nov. 1998. Disponível em:

<<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc08/pesquisa.pdf>>

Acesso em: fev. 2018.

- Artigo que aborda algumas concepções prévias dos estudantes sobre transformações químicas.

DAZZANI, M. et al. Explorando a química na determinação do teor de álcool na gasolina. In: *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 17, maio 2003. Disponível em:

<<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc17/a11.pdf>>

Acesso em: fev 2018.

- O artigo aborda a identificação e a determinação do teor do álcool na gasolina. Propriedades físicas e conceitos químicos foram utilizados para que os alunos explicassem os fenômenos envolvidos, com base na estrutura molecular.

LACERDA, C. de C. et al. Abordagem dos conceitos: mistura, substâncias simples, substância composta e elemento químico numa perspectiva de ensino por situação-problema. In: *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, v. 34, n. 2, maio 2012. p. 75-81. Disponível em:

<[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34\\_2/05-RSA-73-10.pdf](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc34_2/05-RSA-73-10.pdf)>

Acesso em: fev. 2018.

- O artigo aborda problemas relacionados aos conceitos: mistura, substância simples, substância composta e elemento químico.

“Diferentes densidades da água no estado líquido”  
Disponível em:

<<http://www.pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/diferentes-densidades-da-agua-no-estado-liquido/24>>

Acesso em: fev. 2018.

- Esse vídeo apresenta um experimento de líquidos com cores e temperaturas diferentes sendo misturados. É interessante para abordar a relação da densidade com a temperatura.

Como auxílio na preparação para a prova do Enem, foi disponibilizada uma ferramenta valiosa, em 2016, pelo MEC, em parceria com o SESI e a TV Escola, que está disponível na plataforma – Hora do Enem. Essa plataforma é um aplicativo disponível para web e android, que reúne um grande banco de exercícios e videoaulas. Essa iniciativa reúne, na internet, um conjunto de ações, como simulados e videoaulas, para auxiliar os estudantes. A novidade desse espaço é que o estudante recebe um diagnóstico conforme o perfil apresentado, com um plano de estudos individualizado, com base no curso pretendido e suas necessidades específicas. Além da plataforma virtual, serão exibidos todos os dias às 18h, com reprises às 7h e 13h e no fim de semana, em mais de 40 canais em todo o Brasil, um programa de TV, denominado “Hora do Enem”.

Disponível em:

<<http://tvescola.mec.gov.br/tve/serie/hora-do-enem/conheca>>

Acesso em: fev. 2018.

MASSI, L. et al. Fundamentos e aplicação de flotação como técnica de separação de misturas. *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 28, maio 2008. p. 20-3. Disponível em:

<[http://qnint.s bq.org.br/qni/popup\\_visualizarConceito.php?idConceito=61&semFrame=1](http://qnint.s bq.org.br/qni/popup_visualizarConceito.php?idConceito=61&semFrame=1)>

Acesso em: fev. 2018.

SILVA, L. H. B.; Alves, J. S.; Lima, J. P. M. Reflexões sobre a aplicação da oficina temática água: do tratamento ao consumo humano. *Scientia Plena*, v. 11, n. 6, 2015. Disponível em:

<<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/2552/1239>>

Acesso em: fev. 2018.

- Com base na realização de uma oficina temática para a contextualização de métodos de separação de misturas, os autores apontam as dificuldades apresentadas pelos alunos com relação a esse conteúdo e a posterior construção da opinião crítica por parte deles, ao tratar do uso consciente da água.

Na página do projeto Ponto Ciência, você vai encontrar várias sugestões de experimentos envolvendo processos de separação.

<[www.pontociencia.org.br](http://www.pontociencia.org.br)>

Acesso em: fev. 2018.

Nesta página do Laboratório Didático Virtual – Escola do Futuro – da USP, há uma simulação sobre separação de misturas homogêneas.

<[www.labvirtq.fe.usp.br/simulações/química/sim\\_qui\\_zanzan.htm](http://www.labvirtq.fe.usp.br/simulações/química/sim_qui_zanzan.htm)>

Acesso em: fev. 2016.

## Exercícios propostos

### 7. D

A decantação é um processo de separação usado para separar fases de misturas heterogêneas pela ação da gravidade, já que essas fases apresentam densidades diferentes. A decantação pode ser utilizada principalmente em misturas bifásicas, como sólido-líquido (terra e água) e líquido-líquido (água e óleo).

A mistura foi colocada em repouso num recipiente. Lentamente, o sólido mais denso, pela ação da gravidade, deposita-se no fundo do recipiente, ocorrendo a sedimentação.

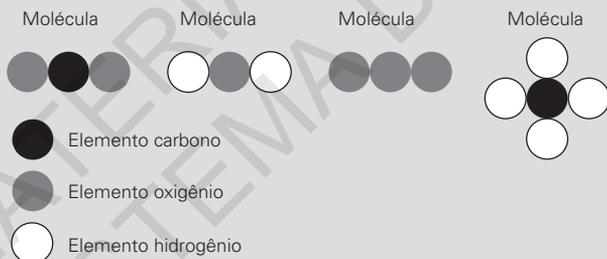
### 8. 15 (01 + 02 + 04 + 08)

Análise das afirmações:

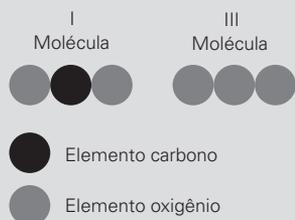
01) Correta: Em I, está representado o  $\text{CO}_2$  e, em III, a  $\text{H}_2\text{O}$ .



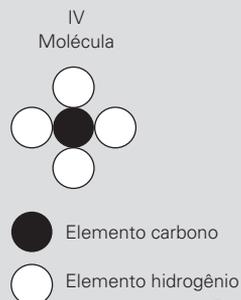
02) Correta: Na mistura de todas as substâncias, encontram-se quatro tipos de moléculas e três elementos químicos.



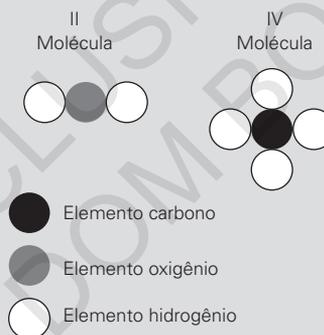
04) Correta: Na mistura de I e III, encontram-se dois elementos químicos diferentes.



08) Correta: Em IV, está representado um hidrocarboneto.



16) Incorreta: Na mistura de II e IV, encontram-se dois tipos de moléculas e três tipos de átomos (hidrogênio, oxigênio e carbono).

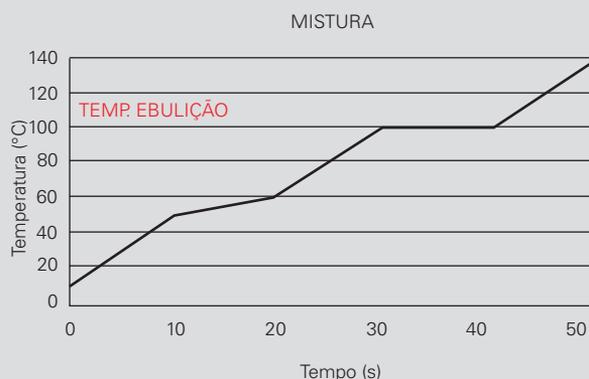


### 9. B

A substância permanece totalmente líquida no intervalo de 10s a 15s, permanecendo nesse estado físico durante 5s.



Pelo gráfico, podemos concluir que a mistura apresenta a temperatura de ebulição em  $100\text{ }^\circ\text{C}$ .



10. D

I) Verdadeira. Liquefação ou condensação, que ocorre quando o vapor de água se condensa, ou seja, passa do estado gasoso para o líquido com o aumento de temperatura.

II) Falsa. O líquido não “permeia” o vidro.

III) Falsa. Sal e areia são sólidos, e a forma do grão de areia ou de sal é fixa.

11. A partir da expressão da densidade, temos:

$$m_{(\text{água})} = d_{(\text{água})} \cdot v_{(\text{água})}$$

$$m_{(\text{clorofórmio})} = d_{(\text{clorofórmio})} \cdot v_{(\text{clorofórmio})}$$

$$m_{(\text{etanol})} = d_{(\text{etanol})} \cdot v_{(\text{etanol})}$$

O enunciado da questão diz que a massa dos líquidos é a mesma. Assim, o líquido de maior densidade deve apresentar o menor volume.

Desta forma, o frasco contendo o menor volume de líquido correspondente ao clorofórmio, o frasco contendo o maior volume de líquido correspondente ao etanol e o frasco com volume intermediário de líquido é o da água.

12. Filtração e decantação. A filtração vai reter as sujidades maiores no papel filtro, e a decantação fará com que a camada de óleo fique em cima e a água, mais densa, embaixo.

13. C

Os agregados formados pelo plástico produzido pelo líquido da castanha-de-caju (LCC) e pelo petróleo não se misturam à água, ou seja, ocorre floculação.

As nanopartículas magnéticas são atraídas por ímãs, ou seja, ocorre separação magnética.

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

14. E

a) Incorreta. O gráfico trata de uma mistura, pois a temperatura de ebulição está variando. Em uma substância pura, os patamares de fusão e ebulição são constantes, ou seja, temperatura constante não sofre variação.

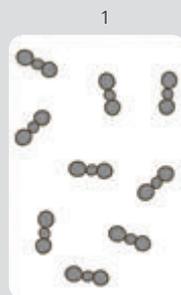
b) Incorreta. No tempo zero, temos o aquecimento de um sólido.

c) Incorreta. 210 °C é a temperatura em que acaba a faixa de temperatura de ebulição do material.

d) Incorreta. A transformação de X para Y é uma mudança de estado físico, logo é um fenômeno físico.

e) Correta. 80 °C é a temperatura de fusão do material. Visto que fica em uma temperatura constante, é uma mistura eutética.

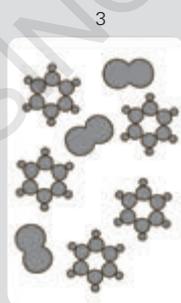
15. C



Substância pura composta por dois elementos químicos (Substância molecular)



Substância pura simples (formada por um único elemento) (Substância molecular)



Mistura de uma substância composta com uma simples (Substâncias moleculares)



Substância pura composta por três elementos químicos (Substância molecular)



Mistura de duas substâncias simples diferentes (Gases nobres)



Substância pura simples  
(formada por um único elemento)  
(Substância molecular)

16. O processo mais adequado para substituir a centrifugação é a filtração. Processo de separação das fases de uma mistura heterogênea (sólido/líquido ou sólido/gasoso) por meio de uma superfície porosa denominada filtro. Este retém a fase sólida em sua superfície, permitindo a passagem somente da fase líquida ou gasosa.

17. E

As etapas utilizadas nas estações de tratamento são:

1 - Floculação – Após a coagulação, há uma mistura lenta da água, que serve para provocar a formação de flocos com as partículas.

2 - Decantação – Neste processo, a água passa por grandes tanques, para separar os flocos de sujeira formados na etapa anterior.

3 - Filtração – Logo depois, a água atravessa tanques formados por pedras, areia e carvão antracito (carvão ativado). Eles são responsáveis por reter a sujeira que restou da fase de decantação. O carvão ativado granular, que corresponde a uma das etapas da filtração, é geralmente empregado no processo de adsorção de compostos orgânicos e/ou extração de cloro livre da água, tornando-a adequada para descarga ou uso em processos de fabricação.

4 - Desinfecção (cloração) – É feita uma última adição de cloro no líquido antes de sua saída da estação de tratamento. Ela garante que a água fornecida chegue isenta de bactérias e vírus até a casa do consumidor.

## Estudo para o Enem

18. B

Como um sólido volumoso de textura gelatinosa é formado, das alternativas fornecidas, a filtração seria o processo utilizado, já que separaria fase sólida de fase líquida.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

19. B

A mistura é constituída por 3 fases: polietileno, água e álcool e grafite.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

20. A

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

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

## 2 SEPARAÇÃO DE MISTURAS HOMOGÊNEAS E INTRODUÇÃO ÀS FUNÇÕES INORGÂNICAS: ÁCIDO

### Comentário sobre o módulo

Aqui são apresentadas as técnicas de separação de misturas homogêneas, associando-as ao cotidiano do aluno.

Também será estudado o conceito de ácidos, de acordo com a Teoria de Arrhenius, classificação e suas propriedades gerais deles.

Será estudado, também, o fato de que a força dos ácidos pode ser determinada pela eletronegatividade do átomo central, no caso dos oxiácidos, explicando que quanto maior a eletronegatividade, maior a sua força.

Relembrar que a força está relacionada ao fato de o ácido ser um bom condutor de eletricidade e não ao fato de ele ser corrosivo.

### Para ir além

MASSI, L. et all. Fundamentos e aplicação de flotação como técnica de separação de misturas. In: *Química Nova na Escola*. São Paulo: SBQ, n. 28, maio 2008, p. 20-3. Disponível em:

<[http://qnint.sbg.org.br/qni/popup\\_visualizarConceito.php?idConceito=61&semFrame=1](http://qnint.sbg.org.br/qni/popup_visualizarConceito.php?idConceito=61&semFrame=1)>

Acesso em: fev. 2018.

SILVA, L. H. B.; ALVES, J. S.; LIMA, J. P. M. Reflexões sobre a aplicação da oficina temática água: do tratamento ao consumo humano. *Scientia Plena*, v. 11, n. 6, 2015. Disponível em:

<<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/2552/1239>>

Acesso em: fev. 2018.

- Com base na realização de uma oficina temática para a contextualização de métodos de separação de misturas, os autores apontam as dificuldades apresentadas pelos alunos com relação a esse conteúdo e a posterior construção da opinião crítica por parte deles, ao tratar do uso consciente da água.

Na página do projeto Ponto Ciência você vai encontrar várias sugestões de experimentos envolvendo processos de separação. Disponível em:

<[www.pontociencia.org.br](http://www.pontociencia.org.br)>

Acesso em: fev. 2018.

Nesta página do Laboratório Didático Virtual – Escola do Futuro – da USP, há uma simulação sobre separação de misturas homogêneas:

<[www.labvirtq.fe.usp.br/simulacoes/quimica/sim\\_qui\\_zanzan.htm](http://www.labvirtq.fe.usp.br/simulacoes/quimica/sim_qui_zanzan.htm)>

Acesso em: fev.2018.

FERREIRA, V. F. Conceitos de ácido e base. *Química Nova na Escola*. SBQ. São Paulo. n. 4. 1996. Disponível em:

<http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc04/exper.pdf>.

- Esse artigo descreve um experimento simples para a extração do lapachol por meio da serragem do ipê, propiciando, assim, o aprendizado dos conceitos de ácido e base.

CAMPOS, R.C.; SILVA, R.C. Funções da química inorgânica... funcionam? *Química Nova na Escola*. n. 9. p. 18-22, 1999. Disponível em:

<http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc09/conceito.pdf>

Acesso em: maio 2018.

SILVA, L. A.; LARENTIS A. L.; CALDAS, L. A.; RIBEIRO, M. G. L.; ALMEIDA, R. V.; HERBST M. H. Obstáculos epistemológicos no ensino-aprendizagem de Química Geral e Inorgânica no Ensino Superior: resgate da definição ácido-base de Arrhenius e crítica ao ensino das "Funções Inorgânicas". *Química Nova na Escola*. v. 36, n. 4. p. 261-268, nov. 2014. Disponível em:

[http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc36\\_4/04-CCD-61-13.pdf](http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc36_4/04-CCD-61-13.pdf)

Acesso em: maio 2018.

### Exercícios propostos

#### 7. B

Como um dos componentes possui magnetismo, pode ser separado pela proximidade de um ímã (separação magnética) obtenção da substância A.

Para os outros dois sólidos que restam (A e B), como ambos são solúveis em água quente, o ideal será acrescentar água fria, em que somente o composto B ficará solúvel, e o componente C pode ser separado por filtração.

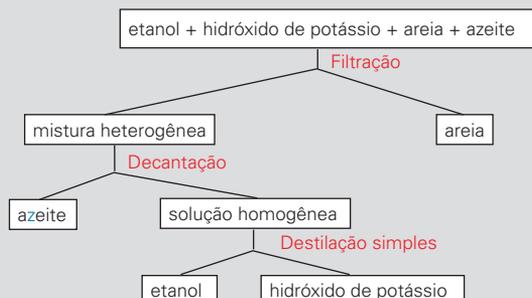
Por fim, teremos: água + composto B, que poderia ser separado, pela destilação simples, em que o aumento de temperatura faz a água evaporar e, ao passar pelo destilador, é resfriada, voltando a ser líquida novamente, sendo recolhida em outro recipiente, enquanto o sólido permanece no recipiente inicial, separando-se da água.

8. O processo de separação que ocorre no dessalinizador representado na figura é a destilação simples.

O aquecimento solar provoca a evaporação da água do mar, a qual condensa purificada na superfície do vidro e é recolhida ao atingir a calha.

#### 9. C

Teremos:



**10. a)** Destilação fracionada. Porque, nesse caso, quando existe uma mistura de componentes com temperaturas de ebulição próximas, fazer a destilação simples (única etapa) não é adequado. A destilação fracionada baseia-se num processo em que a mistura é vaporizada e condensada várias vezes (ocorrem várias microdestilações). Dessa forma, os vapores condensados na última etapa estão enriquecidos com o componente mais volátil, tornando o processo mais eficiente em relação à destilação simples.

**b)** Como a água é uma substância polar e o petróleo uma mistura de hidrocarbonetos (não polares), forma-se um sistema bifásico. Nesse caso, é adequado utilizar-se a decantação, uma operação na qual líquidos imiscíveis, de diferentes densidades, podem ser separados.

**11. D**

Como o  $\text{H}_3\text{CCl}$  já se encontra no estado gasoso a  $25^\circ\text{C}$ , deve-se fazer a destilação fracionada dos outros compostos que se encontram no estado líquido.

| Composto                 | T.F. ( $^\circ\text{C}$ ) | T.E. ( $^\circ\text{C}$ )             |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| $\text{H}_3\text{CCl}$   | -97,4                     | -23,8 (gasoso a $25^\circ\text{C}$ )  |
| $\text{H}_2\text{CCl}_2$ | -96,7                     | -39,6 (líquido a $25^\circ\text{C}$ ) |
| $\text{HCCl}_3$          | -63,5                     | -61,2 (líquido a $25^\circ\text{C}$ ) |
| $\text{CCl}_4$           | -22,9                     | -76,7 (líquido a $25^\circ\text{C}$ ) |

Desses compostos, o  $\text{H}_2\text{CCl}_2$  apresenta a menor temperatura de ebulição ( $39,6^\circ\text{C}$ ), logo será recolhido antes dos outros no processo de separação.

**12. 24 (08 + 16)**

**01.** Incorreta. Segundo Arrhenius, substâncias moleculares dissolvidas em água, que sofrem ionização, como os ácidos, podem conduzir corrente elétrica.

**02.** Incorreta. Substâncias ácidas geralmente possuem sabor azedo.

**04.** Incorreta. O ácido fosforoso apresenta 2 hidrogênios ionizáveis.

**08.** Correta

$\text{HClO}_4 \xrightleftharpoons{\text{H}_2\text{O}} \text{H}^+ + \text{ClO}_4^-$  monoácido, apresenta apenas um hidrogênio ionizável ( $\text{H}^+$ )

$\text{HClO}_4 = 4 - 1 = 3$  muito forte

**16.** Correta. O ácido fluorídrico tem a propriedade de corroer o vidro. Generalizando:

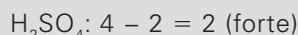


**13. D**

Para os ácidos oxigenados, a regra geral é:  $n^\circ$  de oxigênios -  $n^\circ$  de hidrogênios ionizáveis.

Se o resultado for maior que 2, o ácido é classificado como forte; se for igual a 1, moderado, e menor que 1, fraco.

Assim, para os ácidos sulfúrico e carbônico, teremos:



O ácido carbônico é uma exceção a essa regra, pois é considerado um ácido fraco por ser instável, apesar de o valor ser igual a 1.

Para os hidrácidos, teremos apenas a seguinte classificação geral:

$\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$  e  $\text{HI}$  = fortes

$\text{HF}$  = moderado

Demais = fracos

**14.** Número de moléculas não ionizadas =  $x$

Número de moléculas ionizadas =  $4x$

$$x + 4x = 100\%$$

$$5x = 100\%$$

$$x = 20\%$$

$$4x = 4 \cdot 20\% = 80\% \text{ é a porcentagem de ionização.}$$

$\alpha > 50\% \rightarrow$  o ácido é considerado forte.

**15. C**

**a)**  $\text{H}_2\text{SO}_4: 4 - 2 = 2$  (forte)

**b)**  $\text{H}_3\text{BO}_3: 3 - 3 = 0$  (fraco)

**c)**  $\text{HClO}_4: 4 - 1 = 3$  (muito forte)

**d)**  $\text{H}_2\text{CO}_3: 3 - 2 = 1$  (fraco, exceção à regra por ser ácido instável)

**e)**  $\text{HNO}_3: 3 - 1 = 2$  (forte)

**16. 23 (01 + 02 + 04 + 16)**

01) Correta. A centrifugação é um processo de separação de misturas sólido-líquido em que devido à alta rotação aplicada à mistura, a partícula sólida se separa da parte líquida, como no caso da separação do plasma sanguíneo.

02) Correta. A destilação simples é um processo de separação sólido-líquido de uma mistura homogênea, por diferença na temperatura de ebulição. Ao atingir sua temperatura de ebulição, o líquido vaporiza, passa pelo condensador, que irá resfriá-lo e será recolhido em outro recipiente, separando-se da mistura.

04) Correta. Todos os derivados do petróleo, entre eles a gasolina, são separados pelo processo da destilação fracionada, que consiste num processo em que ocorre o aquecimento da mistura homogênea, que possuem temperaturas de ebulição diferentes, e, à medida que a temperatura vai aumentando, o líquido mais volátil, ou seja, de menor temperatura de ebulição, separa-se da mistura; em seguida, o líquido com temperatura de ebulição maior, até que todos os componentes da mistura tenham sido separados.

08) Incorreta. A filtração separa componentes heterogêneos, e o sólido fica retido no papel filtro.

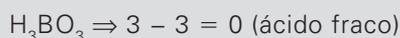
16) Correta. O funil de separação ou de decantação separa misturas heterogêneas de dois líquidos, pela diferença de densidade entre eles.

17. B

A ordem crescente de acidez é HIO, HBrO, HClO.

### Estudo para o Enem

18. A



ionização total

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

19. D

$$\alpha = \frac{\text{número de molécula ionizadas}}{\text{número de molécula dissolvidas}}$$

$$\alpha = \frac{37}{3000} \cdot 100$$

$$\alpha = 1,23$$

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. E

Na obtenção de combustíveis derivados do petróleo, é utilizado o processo de separação líquido-líquido denominado destilação fracionada.

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

MATERIAL DE USO EM SALA DE AULA  
SISTEMA DE ENSINO DE QUÍMICA

### 3 FUNÇÕES INORGÂNICAS: ÁCIDOS E BASES

#### Comentário sobre o módulo

Aqui será estudada as regras da nomenclatura dos ácidos inorgânicos, diferenciando a nomenclatura dos hidrácidos e oxiácidos e as aplicações dos principais ácidos no dia a dia.

Também será abordado o grupo inorgânico “base”; a nomenclatura oficial e suas possíveis aplicações.

#### Para ir além

CAMPOS, R. C. e SILVA, R. C. Funções da química inorgânica. *Química Nova na Escola*. SBQ. São Paulo. N. 9. 1999. Disponível em:

<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc09/conceito.pdf>

- Nesse artigo, os autores focalizam o conceito de funções inorgânicas e analisam o conteúdo dos capítulos que abordam o conceito de funções da química inorgânica em 12 livros de química destinados ao nível médio. Pela escolha de um dos livros como representante do grupo, o artigo apresenta uma crítica com base na falta de coerência interna desses capítulos, sob a ótica da visão atual dos conceitos ácido-base e na impropriedade didática de saturar os iniciantes de classificações e nomenclaturas.

FERREIRA, V. F. Conceitos de ácido e base. *Química Nova na Escola*. SBQ. São Paulo. n. 4. 1996. Disponível em:

<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc04/exper.pdf>

Acesso em: fev. 2018

- Esse artigo descreve um experimento simples para a extração do lapachol com base na serra-gem do ipê, propiciando, assim, o aprendizado dos conceitos de ácido e base.

ZAPP, E. Estudo de ácidos e bases e o desenvolvimento de um experimento sobre a “Força” dos ácidos. *Química Nova na Escola*. SBQ. São Paulo. n. 4. v. 37. p. 278-284. 2015. Disponível em:

[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc37\\_4/07-RSA-181-12.pdf](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc37_4/07-RSA-181-12.pdf)

Acesso em: fev. 2018.

TOMA, H. et al. *Nomenclatura de química inorgânica: adaptação simplificada, atualizada e comentada das regras da IUPAC para a Língua Portuguesa (Brasil)*. São Paulo: Blucher, 2014. p. 51.

- Esse livro faz uma abordagem simplificada, atualizada e didática do livro de referência, chamado *Livro vermelho*, da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), cuja ênfase está nos compostos inorgânicos.

Discutindo o contexto das definições de ácido e base. *Química Nova na Escola*. São Paulo-SP. vol. 40, nº 1. p. 14-18, fevereiro 2018.

- A abordagem das definições de ácido e base, tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior, tem sido feita de forma progressiva e cumulativa.

Vídeo sobre ácidos, bases e pH.

<https://pt.khanacademy.org/science/biology/water-acids-and-bases/acids-bases-and-ph/v/introduction-to-definition-of-ph>

Acesso em: maio 2018.

Vídeo que mostra a teoria ácido-base do século XX.

<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc09/historia.pdf>

Acesso em: maio 2018.

Vídeo que ensina os conceitos de ácido e base.

<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc04/exper.pdf>

Acesso em: maio 2018.

#### Exercícios propostos

7. A

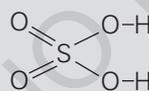
Ácido sulfúrico:  $H_2SO_4$

Ácido clorídrico:  $HCl$

Hidróxido de amônio:  $NH_4OH$

Hidróxido de magnésio:  $Mg(OH)_2$

8. B



$H_2SO_4$

Ácido Sulfúrico

9. E

Entre outras aplicações, temos:

1)  $Mg(OH)_2$ : utilizado em antiácidos estomacais.

2)  $HClO$ : utilizado na purificação da água de reservatórios e piscinas, produtos de limpeza e no branqueamento de tecidos.

3)  $H_2SO_4$ : utilizado na fabricação de baterias e acumuladores.

4)  $NaOH$ : utilizado na fabricação de sabões e branqueamento de papéis.

5)  $H_3PO_4$ : utilizado como acidulante em refrigerantes do tipo cola.

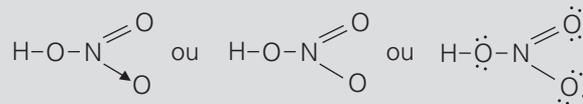
Portanto, a sequência correta é: 3 – 1 – 5 – 2.

10. a)  $KOH$ : Hidróxido de potássio; estado físico: sólido.

$HNO_3$ : Ácido nítrico; estado físico: líquido.

b)  $KOH$ : Iônica e covalente;  $HNO_3$ : Covalente.

c)



**d)** O KOH é um sólido a 25 °C e, apesar de ser iônico, não conduz corrente elétrica nessas condições, pois não há mobilidade dos íons.

O HNO<sub>3</sub> é um líquido a 25 °C, porém não conduz corrente elétrica nessas condições, pois trata-se de uma substância molecular, na qual não há presença de íons.

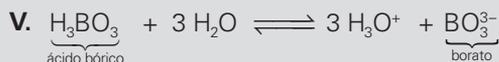
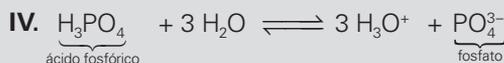
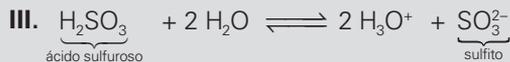
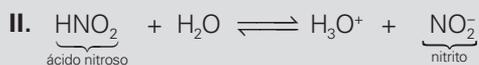
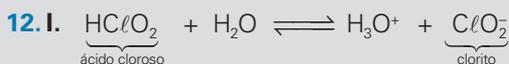
**11. A**

HNO<sub>2</sub>: ácido nitroso

HClO<sub>3</sub>: ácido clórico

H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>: ácido sulfuroso

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>: ácido fosfórico



**13. E**

As bases solúveis são formadas por metais alcalinos e pelo cátion amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Logo, o Fe(OH)<sub>3</sub> hidróxido férrico ou hidróxido de ferro III é insolúvel.

**14. Hidrácidos:**

HI: ácido iodídrico

Oxiácidos:

HIO<sub>4</sub>: ácido periódico

HIO<sub>3</sub>: ácido iódico

HIO<sub>2</sub>: ácido iodoso

HIO: ácido hipoiódico

**15. C**

Ácido clórico: HClO<sub>3</sub>

Ácido hipofosforoso: H<sub>3</sub>PO<sub>2</sub>

Ácido sulfuroso: H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>

Ácido clorídrico: HCl

**16.** Limonita: Fe(OH)<sub>3</sub> · n H<sub>2</sub>O. Trata-se de uma base, pois apresenta o ânion hidroxila em sua fórmula principal. Sua nomenclatura IUPAC é: hidróxido férrico ou hidróxido de ferro III.



**17. E**

**a.** Incorreta. HClO – ácido hipocloroso

**b.** Incorreta. HNO<sub>3</sub> – ácido nítrico

**c.** Incorreta. H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> – ácido fosfórico

**d.** Incorreta. H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> – ácido sulfuroso

**e.** Correta. HClO<sub>3</sub> – ácido clórico

## Estudo para o Enem

**18. A**

Ácido sulfúrico: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Ácido clorídrico (muriático): HCl

Ácido carbônico: H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

**19. D**

Dentre as substâncias mostradas nas alternativas, a única que tem propriedades básicas ou alcalinas é o hidróxido de alumínio. Ele é utilizado como um antiácido para o tratamento da azia em pacientes com hiperacidez gástrica, ajudando a diminuir esse sintoma.

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

**20. D**

A fórmula química do hidróxido de sódio, conhecido popularmente como “soda cáustica”, é: NaOH.

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

## 4 FUNÇÕES INORGÂNICAS: SAIS

### Comentário sobre o módulo

Aqui serão estudadas as reações de neutralização total e parcial entre ácidos e bases de Arrhenius. Apresentar aos alunos vários exemplos, deixando a aula bem explicativa.

Também são apresentados o grupo de sais inorgânicos e as regras de nomenclaturas por meio da nomenclatura do ácido que originou o ânion participante do sal, pela mudança de sufixos.

### Para ir além

Reações ácido-base: conceito, representação e generalização a partir das energias envolvidas nas transformações. Disponível em:

<[http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol35No10\\_2072\\_30-ED12187.pdf](http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol35No10_2072_30-ED12187.pdf)>.

Acesso em: jul. 2018.

Baralho de reações: ensino de reações de neutralização para alunos com deficiência auditiva através de jogo de cartas. Disponível em:

<<http://www.abq.org.br/cbq/2017/trabalhos/6/12508-24523.html>>.

Acesso em: jul. 2018.

Salinidade do solo. Disponível em:

<<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=10155>>.

Acesso em: 22 jun. 2018.

- Experimento com o objetivo de demonstrar os efeitos tóxicos em plantas na presença de salinidade e o efeito do potencial osmótico da água na absorção desta pelas plantas. Discute as regiões fitogeográficas do Brasil que apresentam salinidade no solo, proposta elaborada pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Departamento de solos e Engenharia Agrícola. Projeto de Extensão Universitária Solo na Escola.

Funções da química inorgânica... funcionam? Disponível em:

<<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc09/conceito.pdf>>

Acesso em: maio 2018.

- A seção “Conceitos científicos em destaque” aborda de maneira crítica conceitos da ciência química ou de interesse dos químicos. Nesse artigo, os autores focalizam o conceito de funções inorgânicas. Analisam o conteúdo dos capítulos que abordam o conceito de funções da química inorgânica em 12 livros de química destinados ao nível médio.

Sódio. Disponível em:

<<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc10/elemento.pdf>>.

Acesso em: maio. 2018.

- A seção “Elemento químico” traz informações científicas e tecnológicas sobre as diferentes formas sob as quais os elementos químicos se manifestam na natureza e sua importância na história da humanidade, destacando seu papel no contexto de nosso país.

### Exercícios propostos

7. C

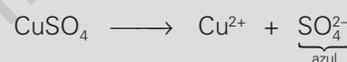
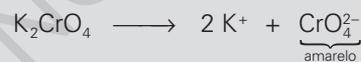
cloreto de potássio  $\Rightarrow$   $\text{KCl}$

fosfato de cálcio  $\Rightarrow$   $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

nitrato de sódio  $\Rightarrow$   $\text{NaNO}_3$

8. C

Ao analisar o quadro, podemos perceber que o ânion sulfato não é o predominante na cor, pois, nas duas primeiras opções, temos o ânion sulfato e cores diferentes, ou seja, são os cátions os determinantes das cores. O cobre é azul e o sódio, incolor. Porém, nas duas últimas opções, temos o potássio nas duas fórmulas e cores diferentes. Assim, temos os ânions nessas substâncias que determinam as cores. O ânion cromato determina a cor amarela e o ânion nitrato determina a cor incolor.



9. A

KI – iodeto de potássio

KIO<sub>3</sub> – iodato de potássio



b)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ : fosfato de cálcio

$\text{BaSO}_4$ : sulfato de bário

11. C

Reação de neutralização total:

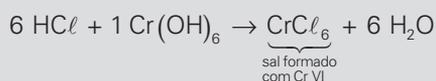
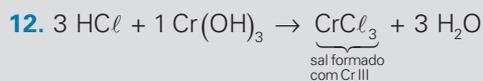


I. Correta

II. Correta

III. Incorreta

IV. Incorreta



13. C

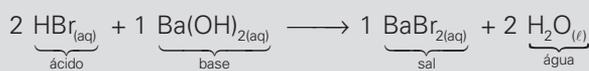
a. Incorreta. O sal formado não apresenta hidrogênio em sua fórmula.

b. Incorreta. A reação de formação é de dupla troca.

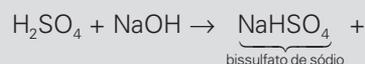
c. Correta. A ligação entre o sódio e o cloro é do tipo iônica, ou seja, formada entre um cátion e um ânion.

d. Incorreta. O NaCl é formado por meio de uma reação de neutralização total.

14. Reação de neutralização total:



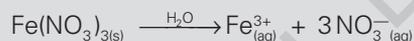
15. C



+ H<sub>2</sub>O (neutralização parcial)



17. D



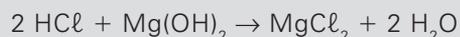
## Estudo para o Enem

18. C

Ácido clorídrico: HCl

Hidróxido de magnésio: Mg(OH)<sub>2</sub>

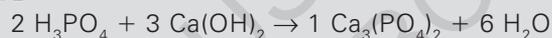
Reação de neutralização total: 2 mols de ácido para 1 mol de base



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

19. B



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

20. C

CaSO<sub>4</sub> – sulfato de cálcio

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

## 5 FUNÇÕES INORGÂNICAS: SAIS - SOLUBILIDADE; ÓXIDOS - DEFINIÇÃO E NOMENCLATURA

### Comentário sobre o módulo

Estudamos o critério de como se comportam os sais diante da dissolução em água.

Estudamos a formulação dos óxidos, reconhecendo sua origem iônica ou molecular e a nomenclatura oficial, enfatizando quando se deve ou não utilizar prefixos como di, tri e tetra.

### Para ir além

Equilíbrio químico de sais pouco solúveis e o caso Celobar.

Carbonato de bário é um exemplo de sólido cujo ânion formado pela ionização de um ácido fraco torna-o solúvel em meio a ácido clorídrico. A intoxicação de vários indivíduos com bário há alguns anos deveu-se ao emprego indevido desse sal em exames de contraste. Geralmente, é utilizado um contraste comercial para exames radiológicos que consistem em uma suspensão aquosa de sulfato de bário insolúvel no suco gástrico. Entretanto, a contaminação de um lote do produto com carbonato de bário ocasionou a morte de dezenas de pessoas. Neste artigo, a relação entre a solubilidade de ambos os sais e suas constantes de solubilidade são demonstradas e discutidas. Um experimento utilizando tripas de celofane demonstra como íons  $Ba^{2+}$  em solução migram para a corrente sanguínea, causando a intoxicação. Disponível em:

<<http://qnesc.sbgq.org.br/online/qnesc24/eeq4.pdf>>  
Acesso em: set. 2018.

Sulfetos: por que nem todos são insolúveis?

Ao contrário dos nitratos, os sulfetos, compostos formados pelo enxofre e por um grande número de elementos químicos, são conhecidos de maneira geral pela baixíssima solubilidade. Disponível em:

<<http://submission.quimicanova.sbgq.org.br/qn/qnol/2010/vol33n10/43-ED10460.pdf>>  
Acesso em: set. 2018.

“O lado escuro da comida”

A indústria da comida nunca produziu tanta tranqueira. Seu prato polui mais que o seu carro. E estamos sendo envenenados por pesticidas. Ou não? Descubra o que é verdade e o que é mentira nas intrigas que rondam os alimentos.

Disponível em:

<<https://super.abril.com.br/saude/o-lado-escuro-da-comida>>  
Acesso em: jul. 2018.

“Remédio contra impotência trata derrame”

Vasodilatador, rico em óxido nítrico, reestabelece a irrigação sanguínea após obstrução. Teste com ratos comprovou a eficácia do tratamento.

Disponível em:

<<http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL3836-5603,00-REMEDI+CONTRA+IMPOTENCIA+TRATA+DERRAME.html>>  
Acesso em: jul. 2018.

Os sites a seguir mostram vídeos relacionados à formação/ação da chuva ácida.

Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=eE4pDJqo6w0>>  
Acesso em: jul. 2018.

<<https://www.youtube.com/watch?v=kW0k-GBgy9g>>  
Acesso em: jul. 2018.

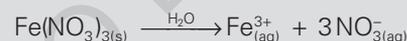
### Exercícios propostos

7. D

O sal carbonato de cálcio é insolúvel em água. Portanto, os dois sais solúveis em águas marinhas são cloreto de magnésio e sulfato de sódio.

8. C

Todos os nitratos são solúveis, logo teremos:



9. A

$Na_2CO_3$  é classificado como um sal básico, pois é proveniente de uma base forte e um ácido fraco. Os carbonatos são insolúveis, com exceção do carbonato de amônio ou os carbonatos de metais alcalinos.

10.  $FeCl_2$ : cloreto ferroso ou cloreto de ferro II

Os sais formados pelo ânion cloreto são solúveis, exceto quando este está combinado com  $Ag^+$ ,  $Pb^{2+}$  ou  $Hg^{2+}$ .

11. A

$H_2SO_4$  é o ácido sulfúrico.

$Mg(OH)_2$  é o hidróxido de magnésio.

$Fe_2(SO_4)_3$  é o sulfato de ferro III – solúvel. Todos os sulfatos são solúveis, exceto os sulfatos combinados com  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Ra^{2+}$  e  $Pb^{2+}$ .

12. Quando óxidos como  $NO_2$  e  $CO_2$  e  $SO_3$  são lançados na atmosfera, advindos essencialmente do setor industrial ou pela queima de combustíveis fósseis, ao entrar em contato com a água, formam ácidos como os descritos nas reações da questão, levando à formação da chuva ácida.

Os óxidos utilizados nas reações químicas são:

$NO_2$  – dióxido de nitrogênio

$CO_2$  – dióxido de carbono

$SO_3$  – trióxido de enxofre

**13. A**Ácido sulfídrico –  $\text{H}_2\text{S}$ Monóxido de carbono –  $\text{CO}$ Dióxido de carbono –  $\text{CO}_2$ Dióxido de enxofre –  $\text{SO}_2$ **14.** Os óxidos formados pelo chumbo são: $\text{PbO}$ ,  $\text{PbO}_2$  e o óxido duplo  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ .**15. B**O íon alumínio apresenta carga  $3+$ , o oxigênio,  $2-$ , logo teremos  $\text{Al}^{3+}\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$ 

O composto é iônico, pois o alumínio é um metal e o oxigênio é um não metal.

**16.** O íon silício apresenta carga  $4+$ , o oxigênio,  $2-$ , logo teremos  $\text{Si}^{4+}\text{O}^{2-} \rightarrow \text{SiO}_2$ 

O composto é molecular, ou seja, é formado por ligação covalente e, em razão da diferença de eletronegatividade, a ligação é polar.

**17. E**Hematita é um mineral de fórmula química óxido de ferro III, ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), sendo constituído por 70% de ferro e 30% de oxigênio.

### Estudo para o Enem

**18. C**O sal insolúvel que se precipita junto à sujeira é o sulfato de cálcio  $\text{CaSO}_4$ **Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.**19. B**Considerando as reações e o sal formado no processo,  $\text{CaSO}_4$  o composto em questão é insolúvel.**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.**20. E** $\text{NO}_2$  e  $\text{SO}_2$  são óxidos. $\text{HNO}_3$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  são ácidos.**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

## 6 FUNÇÕES INORGÂNICAS: CLASSIFICAÇÃO DOS ÓXIDOS E REAÇÕES DE SÍNTESE E DECOMPOSIÇÃO

### Comentário sobre o módulo

Estudamos a classificação dos óxidos de acordo com suas propriedades e tipos de reações que eles podem sofrer.

Estudamos as reações inorgânicas, principalmente as reações de síntese e decomposição. O aluno poderá observar que a reação de síntese ou adição acontece quando duas ou mais substâncias reagem, formando um único produto, e que a reação de decomposição ou análise acontece quando um reagente se divide em dois ou mais produtos. Verá exemplos práticos em que essas reações acontecem para facilitar o entendimento.

### Para ir além

Sugira aos seus alunos que assistam ao *Apollo 13* (Ron Howard, Universal Pictures. 138 min. 1995).

Anestesia geral com uso de óxido nitroso (gás do riso) versus anestesia geral sem uso de óxido nitroso. Disponível em:

<<http://www.cochrane.org/pt/CD008984/anestesia-geral-com-uso-de-oxido-nitroso-gas-do-riso-versus-anestesia-geral-sem-uso-de-oxido-nitroso>>

Acesso em: jul. 2018.

Gás do riso, ou gás hilariante: a sedação consciente com óxido nitroso na odontologia.

Disponível em:

<<http://www.odontologiaemfortaleza.com.br/gas-do-riso-ou-gas-hilariante-a-sedacao-consciente-com-oxido-nitroso-na-odontologia>>

Acesso em: jul. 2018.

Reações envolvendo íons em solução aquosa: uma abordagem problematizadora para a previsão e o equacionamento de alguns tipos de reações inorgânicas. Disponível em:

<<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc23/a04.pdf>>

Acesso em: out. 2018.

Ensino de química baseado na utilização de modelos teóricos como referência para o aprendizado. Disponível em:

<<http://www.s bq.org.br/eneq/xv/resumos/R0844-2.pdf>>

Acesso em: out. 2018.

### Exercícios propostos

7. A

Reação de decomposição é a reação de análise ou é uma reação em que um reagente dá origem a dois ou mais produtos

8. C

Pode-se utilizar o óxido de cálcio, que é um óxido básico iônico. Em contato com a água, gera hidróxido de cálcio, como indicado na equação a seguir:  

$$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$$

9. C

Verdadeiro. Os dois compostos pertencem ao mesmo tipo de função, os óxidos.

Falso. A carga do oxigênio é  $-1$ .

Verdadeiro. O óxido de alumínio pode se comportar como ácido ou básico, sendo assim classificado como anfótero.

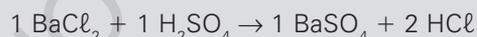
10. O monóxido de carbono,  $\text{CO}$ , é um óxido que não reage com ácidos, bases e nem com água; trata-se de um óxido neutro ou indiferente.

11. C

a) Incorreta. A reação descrita é de simples troca.

b) Incorreta. A reação descrita é de síntese.

c) Correta. A reação é de dupla troca e está corretamente balanceada:



d) Incorreta. A reação é de decomposição.

12. Essa reação se classifica em decomposição.

13. D

A equação que representa a reação do óxido ácido com a base é:



14. a)  $\text{CaO}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Ca(OH)}_{2(aq)}$   
Óxido básico Hidróxido de cálcio

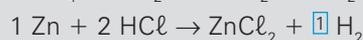
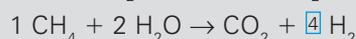
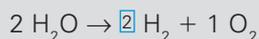
b)  $\text{ZnO}_{(s)} + 2 \text{ HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{ZnCl}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$   
Cloreto de zinco

15. C

A equação 4 é uma reação de decomposição, ou seja, quando um reagente forma dois ou mais produtos.

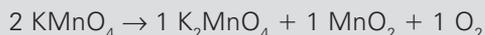
16. E

Balanceamento das equações:



17. B

Balanceando, pelo método das tentativas e erros, as equações com os menores coeficientes inteiros, temos:



Somando os coeficientes, temos:

$$(2 + 1 + 1 + 1 + 1 + 3 + 1 + 3 + 3) = 16$$

## Estudo para o Enem

### 18. B

Dióxido de carbono (gás carbônico):  $\text{CO}_2$

Dióxido de enxofre:  $\text{SO}_2$

Trióxido de enxofre:  $\text{SO}_3$

Óxido de cálcio:  $\text{CaO}$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

### 19. D

**a)** Incorreto. A fórmula do óxido de chumbo é  $\text{PbO}$ .

**b)** Incorreto. Os óxidos de cálcio e alumínio são óxidos iônicos.

**c)** Incorreto. Óxido de cálcio é um óxido básico.

**d)** Correto.

**e)** Incorreto. O composto químico dióxido de silício, também conhecido como sílica, é o óxido de silício cuja fórmula química é  $\text{SiO}_2$ .

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

### 20. D

1.  $\text{CaCO}_{3(s)} \rightarrow \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$  (reação de decomposição ou análise).

2.  $\text{CaO}_{(s)} + \text{SO}_{2(g)} \rightarrow \text{CaSO}_{3(s)}$  (reação de síntese ou adição).

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas. Reconhecer as equações químicas e classificá-las.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO

## 7 REAÇÕES INORGÂNICAS DE SIMPLES E DUPLA TROCA

### Comentário sobre o módulo

Estudamos as reações de simples troca ou deslocamento com metais e não metais. Serão enfatizadas as reações de metais com ácido para a produção de gás hidrogênio e as reações de metais com água. Além das reações dos metais, serão abordadas as reações dos não metais.

Estudamos as reações de dupla troca e quais as condições para a ocorrência dessas reações.

Será necessário lembrar junto ao aluno a solubilidade dos sais e a volatilidade de ácidos e bases. Serão exploradas também as equações iônicas, para que possa haver a explicação de íons expectadores.

### Para ir além

*Reações químicas:* fenômeno, transformação e representação. Disponível em:

<<http://qnesc.sbjq.org.br/online/qnesc02/conceito.pdf>>

Acesso em: out. 2018.

*Reações envolvendo íons em solução aquosa:* uma abordagem problematizadora para a previsão e o equacionamento de alguns tipos de reações inorgânicas.

Disponível em:

<<http://qnesc.sbjq.org.br/online/qnesc23/a04.pdf>>

Acesso em: out. 2018.

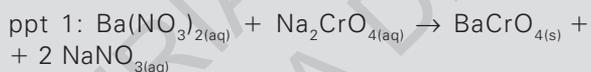
### Exercícios propostos

7. B



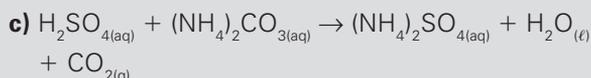
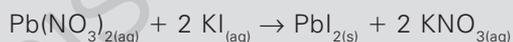
8. B

As equações que indicam a formação dos precipitados são:



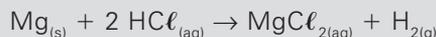
Logo, os precipitados ppt 1 e ppt 2 são, respectivamente,  $\text{BaCrO}_4$  e  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ .

9. B



11. A

I. Correta. O magnésio desloca os íons  $\text{H}^+$  do  $\text{HCl}$ , tal como descrito a seguir:



II. Incorreta. A reação produz hidrogênio, tal como visto na equação anterior.

III. Correta.

IV. Correta. São adicionados 0,5 mol de magnésio em uma solução contendo  $0,1 \text{ L} \cdot 12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1,2 \text{ mol}$  de ácido clorídrico. Logo, o magnésio será o reagente limitante, já que sobrarão 0,2 mol de ácido.

V. Correta.

1,0 mol de Mg ——— 22,4 L de hidrogênio

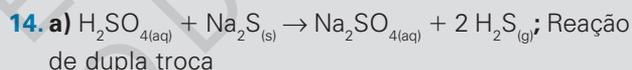
0,5 mol de Mg ——— x

x = 12,3 L



13. C

Reação de deslocamento de ânion (cloro mais reativo que o bromo).



b)  $\text{H}_2\text{S}$  é ácido e  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  é sal. A reação ocorre, pois houve formação de um eletrólito fraco e volátil ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

15. B

Analisando a fila de reatividade dos metais, podemos observar que o zinco é mais reativo que:  $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{H} > \text{Cu} > \text{Hg} > \text{Ag} > \text{Au}$ .

Logo, para que haja um desgaste da placa de zinco com efervescência, este deve ser mergulhado em uma solução que contenha hidrogênio.



Se a placa for mergulhada na solução que contém cobre, esta não formará gás (efervescência).



17. C

O cobre metálico não reage com nenhuma das soluções; o zinco, apenas com a solução de cobre; o magnésio, com as soluções de cobre e zinco.

Portanto, a ordem de reatividade é  $\text{Cu/Zn/Mg}$ .

### Estudo para o Enem

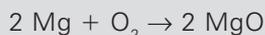
18. C

Classificação das reações químicas:

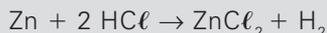
Reação de análise ou decomposição:



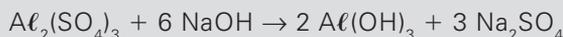
Reação de síntese ou adição:



Reação de simples troca:



Reação de dupla troca:



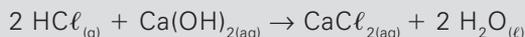
**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

#### 19. B

Durante a incineração, ocorre liberação de uma substância de caráter ácido,  $\text{HCl}_{(g)}$ . Uma forma de tratar esse poluente consiste em borbulhar os gases formados no incinerador em uma solução básica para que ocorra a neutralização do gás clorídrico. Essa dispersão pode ser a água de cal, solução diluída de hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Desse modo, a

reação química que ocorrerá pode ser representada pela equação a seguir.



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

#### 20. A

O uso do ácido nítrico especificamente (e não um outro ácido) é o fato de que nitratos metálicos são solúveis. Assim, não há precipitação de nenhum sal insolúvel de um metal, o que falsearia os resultados da análise para menos, pois não levaria em conta essa precipitação.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

MATERIAL DE USO PROIBIDO  
SISTEMA DE ENSINO

## 8 NÚMERO DE OXIDAÇÃO E AGENTES OXIDANTE E REDUTOR

### Comentário sobre o módulo

Estudamos o conceito de número de oxidação, enfatizando a diferença de Nox real e aparente, com base no tipo de ligação estabelecida pelo átomo. Serão demonstradas as regras de determinação do Nox para os átomos.

Estudamos os conceitos de oxidação e redução associados à perda e ao ganho de elétrons, bem como o aumento e a diminuição do Nox. Além desses conceitos, também serão abordados os conceitos de agentes oxidantes e redutores.

### Para ir além

O conceito de oxidação e redução nos livros didáticos de química orgânica no Ensino Médio. Disponível em:

<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a08.pdf>>

Acesso em: out. 2018.

Oxidação de metais. Disponível em:

<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc18/A12.PDF>>

Acesso em: out. 2018.

Escurecimento e limpeza de objetos de prata – um experimento simples e de fácil execução envolvendo reações de oxidação-redução. Disponível em:

<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc30/11-EEQ-4407.pdf>>

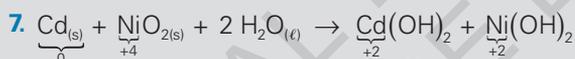
Acesso em: out. 2018.

Reações de oxirredução e suas diferentes abordagens. Disponível em:

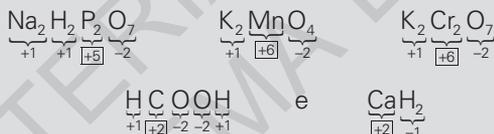
<[http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc39\\_1/07-CCD-112-15.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc39_1/07-CCD-112-15.pdf)>

Acesso em: out. 2018.

### Exercícios propostos



8. B

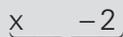


9. A

Uma das etapas desse tratamento é a redução do íon dicromato para cromo (III):



↓ ↓



$$2 \cdot \text{x} + (-2 \cdot 7) = -2$$

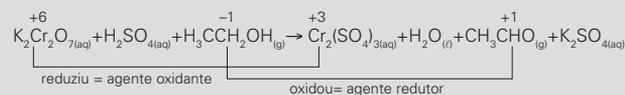
$$2 \cdot \text{x} = +14 - 2$$

$$\boxed{\text{x} = +6}$$



Ou seja, a variação do número de oxidação do cromo no processo de redução descrito no texto é de +6 para +3

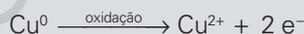
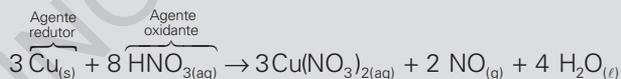
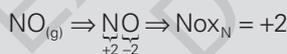
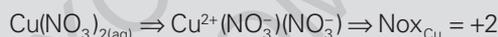
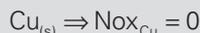
10.



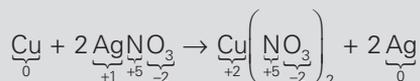
Agente oxidante:  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Agente redutor:  $\text{H}_3\text{CCH}_2\text{OH}$

11. D

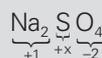


12. D



O átomo de cobre oxida, passando de zero para +2, enquanto o íon de prata reduz, passando de +1 para 0.

13. D



$$+2 + \text{x} - 8 = 0$$

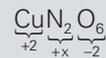
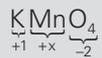
$$+1 + \text{x} - 6 = -2$$

$$\text{x} = -2 + 8$$

$$\text{x} = -2 + 5$$

$$\text{x} = +6$$

$$\text{x} = +3$$



$$+1 + \text{x} - 8 = 0$$

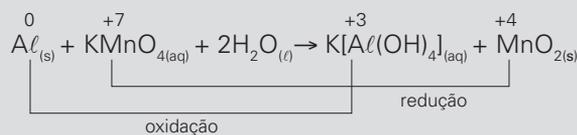
$$+2 + 2\text{x} - 12 = 0$$

$$\text{x} = +7$$

$$2\text{x} = +10$$

$$\text{x} = +5$$

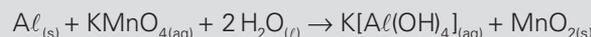
## 14. a) Temos



$KMnO_{4(aq)}$  = agente oxidante

$Al$  = agente redutor

## b) Temos



$$27 \text{ g} \text{ — } 158 \text{ g}$$

$$x \text{ g} \text{ — } 10 \text{ g}$$

$$x = 1,71 \text{ g}$$

## 15. C



$$+2 + x - 8$$

$$x = +6$$



$$+1 + x - 8 = 0$$

$$x = +7$$

## 16. B



$$2 \cdot (x) + 7 \cdot (-2) = -2$$

$$2x = +12$$

$$x = +6$$

## 17. C

I. Incorreta. A primeira reação é de dupla troca, enquanto a segunda é de oxirredução.

II. Correta. A substância que contém o elemento que sofre redução é o agente oxidante. Nesse caso, quem sofre redução é o manganês, onde o seu Nox variou de +4 para +2, então o agente oxidante é o  $MnO_2$ .



III. Correta. Nos reagentes, a única fonte de cloro é o  $HCl$ , e, nos produtos, temos o  $Cl_{2(g)}$ , formado pelo cloro que sofreu variação de Nox ao se oxidar, e o  $MnCl_2$ , que contém cloro com Nox -1, ou seja, sem variação de Nox.

IV. Incorreta. O ácido clorídrico é um dos ácidos inorgânicos mais fortes conhecidos.

## Estudo para o Enem

## 18. D



$$x + 2 \cdot (-2) = 0$$

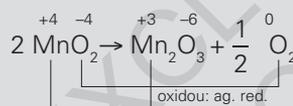
$$x = +4$$

$$\boxed{x = +4}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

## 19. D



reduziu: ag. oxidante

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

## 20. D



$$x + (-2 \cdot 3) = -1$$

$$x = +6 - 1$$

$$\boxed{x = +5}$$



$$x + (-2 \cdot 2) = -1$$

$$x = +4 - 1$$

$$\boxed{x = +3}$$

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

**RESPOSTAS E COMENTÁRIOS**

**QUÍMICA 3**

# 1 QUÍMICA ORGÂNICA E A CLASSIFICAÇÃO DAS CADEIAS CARBÔNICAS

## Comentário sobre o módulo

Aqui serão abordados o histórico da química orgânica e os motivos do estudo em separado dos compostos orgânicos. Além disso, abordaremos as propriedades do carbono e sua capacidade de formar cadeias, sua classificação nas cadeias e sua hibridização, ou seja, como esse fenômeno está relacionado com o número de ligações covalentes realizadas.

Também serão estudadas fórmulas estruturais o mais variadas possível, com o intuito de o aluno apresentar a classificação das cadeias cíclicas ou acíclicas, saturadas ou insaturadas, com exceção das aromáticas, homogêneas ou heterogêneas etc.

## Para ir além

Barbosa, L. C. de A. *Introdução à química orgânica*. São Paulo: UFV/Pearson/Prentice Hall, 2007.

FELTRE, R. *Química*. 4. ed. São Paulo: Moderna, 1994. v. 1, 2 e 3.

TITO, M. P.; CANTO, E. L. *Química na abordagem do cotidiano*. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2009. v. único.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. *Química*. 7. ed. São Paulo: Saraiva, 2006. v. único.

<<http://proquimica.iqm.unicamp.br/newpage2.htm>>.

Acesso em: jun. 2018.

<[https://www.youtube.com/watch?v=\\_pTi4WcPMhk](https://www.youtube.com/watch?v=_pTi4WcPMhk)>.

Acesso em: jun. 2018.

Nomenclatura de compostos orgânicos no Ensino Médio: influência das modificações na legislação a partir de 1970 sobre a apresentação no livro didático e as concepções de cidadãos. Disponível em:

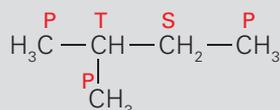
<[http://qnesc.sbgq.org.br/online/qnesc31\\_1/08-PEQ-1907.pdf](http://qnesc.sbgq.org.br/online/qnesc31_1/08-PEQ-1907.pdf)>

Acesso em: jun. 2018.

- As mudanças ocorridas na legislação a partir da década de 1970 influenciaram a abordagem do conteúdo nomenclatura de compostos orgânicos (NCO)? Quais as concepções de cidadãos sobre esse conteúdo? Esse artigo analisa a influência das modificações, a partir da década de 1970, na legislação que regulamenta o Ensino Médio sobre a apresentação de NCO nos livros didáticos e levanta as concepções de cidadãos sobre esse conteúdo.

## Exercícios Propostos

7. D

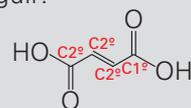


De acordo com a classificação dos átomos na estrutura, temos:

C<sup>1º</sup>: 3; C<sup>2º</sup>: 1; C<sup>3º</sup>: 1

8. C

A estrutura do ácido fumárico apresenta um carbono primário e três secundários, conforme ilustrado a seguir:



9.

a) C1: secundário; C2: secundário; C3: secundário; C4: quaternário; C5: primário

b) C1: sp<sup>2</sup>; C2: sp<sup>2</sup>; C3: sp<sup>3</sup>; C4: sp<sup>3</sup>; C5: sp

10. E

A liotironina apresenta dois anéis aromáticos e um heteroátomo (átomo diferente entre carbonos).

11. C

Cadeia aberta ou acíclica – os átomos de carbono não formam um ciclo ou anel.

Cadeia saturada – apresenta somente ligações simples entre átomos de carbono.

Cadeia heterogênea – átomos diferentes entre carbonos.

Cadeia normal – todos os átomos de carbono pertencentes à cadeia encontram-se em uma única sequência. Ela se constitui exclusivamente de carbonos primários e/ou secundários.

12. A estrutura apresenta:

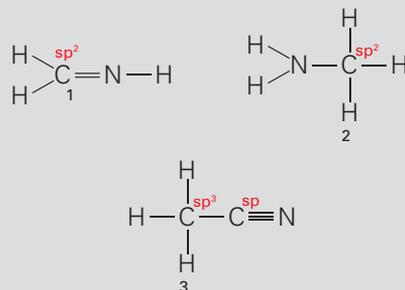
Cadeia aberta ou acíclica – os átomos de carbono não formam um ciclo ou anel.

Cadeia saturada – apresenta somente ligações simples entre átomos de carbono.

Cadeia heterogênea – apresenta átomos diferentes entre carbonos.

Cadeia ramificada – os átomos de carbono pertencentes à cadeia apresentam mais de uma sequência. Na maioria dos casos, isso se dá pelo fato de existir pelo menos um carbono terciário ou quaternário na cadeia.

13. C



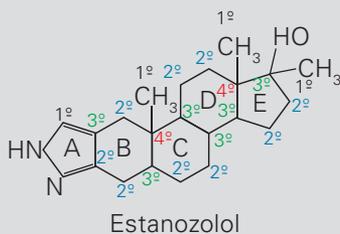
- I. Incorreta. No composto 1, existe uma ligação dupla que é formada por uma ligação pi e uma sigma.

- II. Correta. A molécula 2 possui somente ligações simples, logo apresenta apenas ligações sigma.
- III. Correta. A molécula 3 possui uma ligação tripla que é formada por duas ligações pi e uma ligação sigma, e esse carbono tem hibridização sp. O carbono que faz ligação simples tem hibridização sp<sup>3</sup>.
- IV. Correta. A molécula 1 possui um carbono que faz uma ligação dupla e tem hibridização sp<sup>2</sup>, enquanto a molécula 2 contém um carbono que faz somente ligações simples, logo ele tem hibridização sp<sup>3</sup>.

14. B

A molécula apresenta carbonos que fazem ligações simples e possuem hibridização sp<sup>3</sup>, enquanto os carbonos que fazem ligações duplas possuem hibridização sp<sup>2</sup>.

15. A estrutura do estanozolol apresenta quatro carbonos primários, nove carbonos secundários, seis carbonos terciários e dois carbonos quaternários.



16. E

O composto apresenta cadeia cíclica (fechada) ou alifática (fechada não aromática), heterogênea, insaturada e normal.

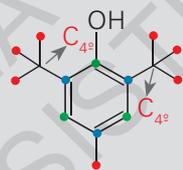
17. D

Os dois compostos têm cadeia carbônica ramificada, com um anel aromático, homogênea e insaturada em sua constituição.

### Estudo para o Enem

18. A

No composto BHT, existem dois carbonos quaternários, os quais estão ligados a outros quatro carbonos.



- Carbonos primários
- Carbonos secundários
- Carbonos terciários

Fórmula molecular: C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>O

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

19. D

Cadeia aberta ou acíclica – os átomos de carbono não formam um ciclo ou anel.

Cadeia insaturada – tem pelo menos uma ligação dupla ou tripla entre átomos de carbono.

Cadeia homogênea – não apresenta átomos diferentes entre carbonos.

Cadeia ramificada – os átomos de carbono pertencentes à cadeia apresentam mais de uma sequência. Na maioria dos casos, isso se dá pelo fato de existir pelo menos um carbono terciário ou quaternário na cadeia.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

20. A

Cadeia aberta ou acíclica – os átomos de carbono não formam um ciclo ou anel.

Cadeia homogênea – não apresenta átomos diferentes entre carbonos (heteroátomos entre os átomos de carbono da cadeia).

Cadeia saturada – os átomos de carbono realizam apenas ligações simples.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

## 2 HIDROCARBONETOS DE CADEIA NORMAL E RAMIFICADA

### Comentários sobre o módulo

Aqui será apresentada a nomenclatura de acordo com a IUPAC e serão discutidas as propriedades físicas e químicas dos hidrocarbonetos.

Outra abordagem está no estudo dos hidrocarbonetos ramificados: a identificação das diferentes estruturas; a nomeação dos diversos tipos de hidrocarboneto e seus radicais derivados, usando as regras da IUPAC; a definição da fórmula molecular e/ou estrutural por meio do nome.

### Para ir além

AMARAL, L. *Estudos de química orgânica*. v. 3. São Paulo: Moderna, 1977.

BRAGA, E.; SILVA, H. *Curso de química I*. São Paulo: Harba, 1981.

CAMARGO, G. *Iniciação à química orgânica moderna*.

COSTA, M.C.; SANTOS, G. S. *Química: visão do presente – química orgânica*. São Paulo: Moderna, 1995. v. 3.

FELTRE, R. *Química orgânica*. 2. ed. São Paulo: Moderna, 1982. v. 3.

\_\_\_\_\_. *Química orgânica*. 5. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2002. v. 3.

FELTRE, R.; YOSHINAGA, S. *Química orgânica*. São Paulo: Moderna, 1973. v. 3.

\_\_\_\_\_. *Química orgânica*. São Paulo: Moderna, 1977. v. 4.

NETTO, C.G. *Química orgânica básica*. São Paulo: Scipione, 1989. v. 3.

NOVAIS, V. *Estrutura da matéria e química orgânica*. São Paulo: Atual, 1993. v. 3.

REIS, M. *Química – química orgânica*. São Paulo: FTD, 1992.

SARDELLA, A. *Química orgânica*. São Paulo: Ática, 1997.

SARDELLA, A.; e LEMBO, A. *Química orgânica*. v. 3. São Paulo: Ática, 1977.

SARDELLA, A.; e MATEUS, E. *Química fundamental – segundo grau*. 7. ed. São Paulo: Ática, 1989. v. 3.

SILVA, E.R.; NÓBREGA, O.S.; SILVA, H. *Química: transformação e energia*. São Paulo: Ática, 2001. v. 2.

TITO, M.P.; CANTO, E.L. *Química na abordagem do cotidiano – química orgânica*. São Paulo: Moderna, 1993. v. 3.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. *Química orgânica*. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2002. v. 3.

Recomendações da IUPAC para a nomenclatura de moléculas orgânicas. Disponível em:

<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc13/v13a05.pdf>>

Acesso em: maio de 2018.

- *Química Nova na Escola*, n. 13, maio de 2001. Acesso em: maio 2018.

Vídeo sobre a nomenclatura de hidrocarbonetos ramificados e com cadeias mistas. Disponível em:

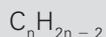
<<http://mecflix.mec.gov.br/playlist/funcoes-organicas/nomenclatura-de-hidrocarbonetos-ramificados-e-com-cadeias-mistas>>

Acesso em: maio de 2018.

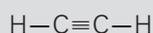
### Exercícios Propostos

#### 7. C

São hidrocarbonetos de cadeia alifática, aberta, contendo uma única tripla-ligação entre os carbonos.



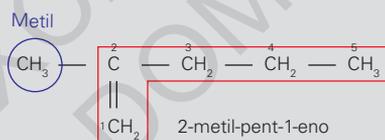
O composto que apresenta uma tripla-ligação é o etino.



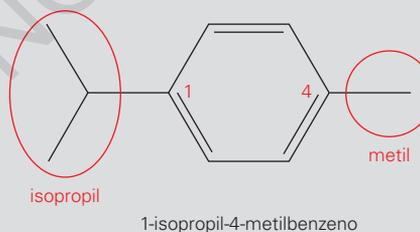
#### 8. B



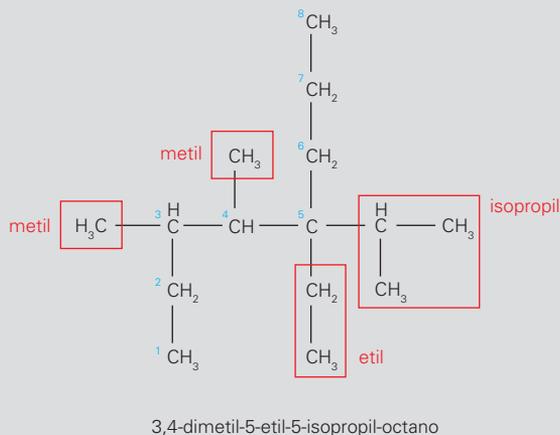
#### 9. E



#### 10.



#### 11. D



#### 12. A: nonano

#### B: non-1-eno

#### 13. A

O modelo representa a molécula de etino ( $HC\equiv CH$ ), pois tem três hastes que representam a ligação tripla entre carbonos.

**14.** Série dos alcenos:  $C_nH_{2n}$ 

$H_2C = CH_2 \rightarrow$  eteno, primeiro composto da série.

$H_2C = CH - CH_3 \rightarrow$  propeno, segundo composto da série.

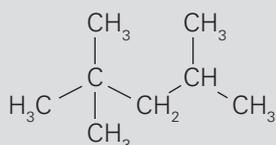
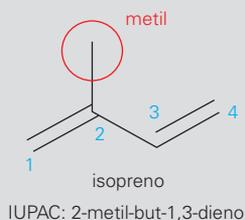
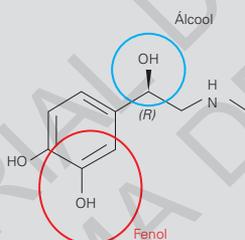
$H_2C = CH - CH_2 - CH_3 \rightarrow$  but-1-eno, terceiro composto da série.

**15.** D

O isoctano é insolúvel em água, pois é apolar, e um composto saturado, porque apresenta apenas ligações simples entre os átomos de carbono.

Não conduz eletricidade, já que não sofre ionização.

Tem fórmula molecular  $C_8H_{18}$ .

**16.** Etino:  $H-C \equiv C-H$ **17.** A**Estudo para o Enem****18.** B

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

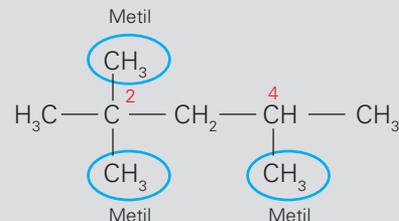
**19.** E

O composto que apresenta uma dupla-ligação na cadeia é um hidrocarboneto alceno. Assim, temos:

- a) benzeno: aromático;
- b) n-pentano: alceno;
- c) etino: alcino;
- d) ciclo-hexano: cicloalcano;
- e) propeno: alceno ( $H_3C - CH = CH_2$ ).

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

**20.** A

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO BOSCO

### 3 PETRÓLEO E FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS: ÁLCOOL, ENOL, FENOL E ÉTER

#### Comentário sobre o módulo

Aqui serão estudadas a origem e a extração do petróleo, assim como a sua composição e a do gás natural. Será também abordada a relação entre temperatura de ebulição, estado físico e tamanho das moléculas nas frações destiladas do petróleo, além do reconhecimento do uso destas para diferentes finalidades.

Aqui neste módulo serão estudadas as funções oxigenadas álcool, enol, fenol e éter, abordando as nomenclaturas oficiais e usuais. Serão vistas, também, algumas propriedades desses compostos, a distinção entre álcool e enol, do ponto de vista estrutural, e a instabilidade dos enóis. É tratada, ainda, a questão de a cadeia do éter ser heterogênea.

#### Para ir além

Petróleo: um tema para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n. 15, maio 2002. Disponível em:

<<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc15/v15a04.pdf>>

Acesso em: maio 2018.

Salinidade em petróleo bruto: otimização de metodologia e proposta de um novo método para extração de sais em petróleo. *Química Nova*, v. 33, n. 3, p. 607-612, 2010. Disponível em:

<[http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No3\\_607\\_22-AR09282.pdf](http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No3_607_22-AR09282.pdf)>

Acesso em: maio 2018.

A destilação simulada na indústria do petróleo. *Química Nova*, v. 28, n. 3, p. 478-482, 2005. Disponível em:

<[http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol28No3\\_478\\_19-RV04174.pdf](http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol28No3_478_19-RV04174.pdf)>

Acesso em: maio 2018.

Estudo da qualidade da gasolina tipo A e sua composição química empregando análise de componentes principais. *Química Nova*, v. 37, n. 1, p. 33-38, 2014.

<<http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/v37n1a07.pdf>>

Acesso em: maio 2018.

A indústria petroquímica no próximo século: como substituir o petróleo como matéria-prima? *Química Nova*, v. 24, n. 2, p. 247-251, 2001. Disponível em:

<[http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol24No2\\_247\\_15.pdf](http://quimicanova.s bq.org.br/imagebank/pdf/Vol24No2_247_15.pdf)>

Acesso em: maio 2018.

Vídeo – *O mundo sem petróleo*

Esse vídeo, elaborado pelo *National Geographic*, mostra que deixar de queimar petróleo para transporte é uma obrigação.

<<https://www.youtube.com/watch?v=kWPTn5E2llc>>

Acesso em: maio 2018.

Vídeo – *Como seria a vida sem petróleo?*

O vídeo mostra a importância do petróleo no dia a dia da população mundial. Hoje, o produto está presente em quase todas as cadeias produtivas, até mesmo nas coisas mais simples do cotidiano.

<<https://www.youtube.com/watch?v=EpYeNUGA3q4>>

Acesso em: maio 2018.

Uma breve revisão sobre alguns aspectos do álcool combustível veicular e a análise quantitativa de espécies químicas presentes nesta matriz energética. Disponível em:

<<http://rvq.s bq.org.br/imagebank/pdf/v8n5a25.pdf>>

Acesso em: 25 jun. 2018.

Explorando a química na determinação do teor de álcool na gasolina. Disponível em:

<<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc17/a11.pdf>>

Acesso em: 25 jun. 2018.

Reações aldólicas. Disponível em:

<<http://rvq.s bq.org.br/imagebank/pdf/v1n3a03.pdf>>

Acesso em: 25 jun. 2018.

Métodos de preparação industrial de solventes e reagentes químicos. Disponível em:

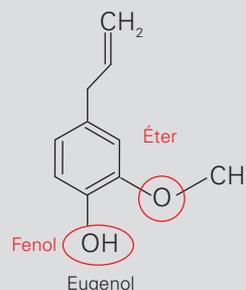
<<http://rvq.s bq.org.br/imagebank/pdf/v7n4a31.pdf>>

Acesso em: 25 jun. 2018.

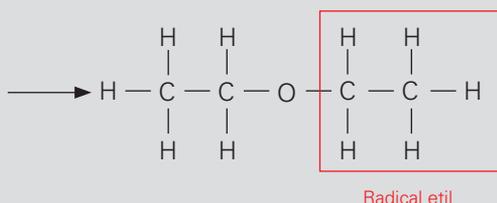
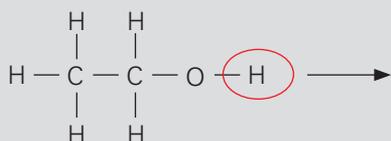
#### Exercícios Propostos

##### 7. A

- I) Correta. É ligeiramente solúvel em água e solúvel em solventes orgânicos.
- II) Incorreta. O óleo diminui a volatilidade da substância, ou seja, a sua função é fixar o repelente na pele.
- III) Incorreta. O eugenol apresenta as funções éter e fenol.



8. B



Com a entrada do radical etil, obtém-se uma nova função orgânica: éter.

9. B

- a) Falsa. A gasolina é uma mistura de alcanos de  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  a  $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ .
- b) Verdadeira. A combustão completa de qualquer combustível fóssil libera dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que, quando em excesso na atmosfera, contribui de forma significativa para o aquecimento global.
- c) Falsa. O petróleo é um recurso natural não renovável, pelo tempo que leva para ser formado na natureza.
- d) Falsa. A água, por ser um composto polar, não se mistura à gasolina, uma substância apolar, em quaisquer que sejam essas proporções.
- e) Falsa. Vários acidentes acontecem em plataformas, afetando tanto os trabalhadores quanto o meio ambiente.

10. 14 (02 + 04 + 08)

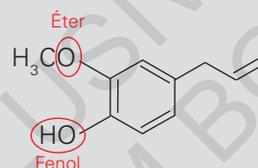
- 01) Incorreta. O gás liquefeito de petróleo (GLP) é uma das primeiras frações a serem obtidas no processo de destilação fracionada, sendo composto por hidrocarbonetos de cadeia curta ( $\text{C}_3 - \text{C}_4$ ).
- 02) Correta. Uma das teorias mais aceitas atualmente para a origem do petróleo admite que ele veio a se formar por meio de matéria orgânica em decomposição.
- 04) Correta. O petróleo é um óleo normalmente escuro, formado quase que exclusivamente por hidrocarbonetos. Além deles, há pequenas quantidades de substâncias contendo nitrogênio, oxigênio e enxofre. O petróleo é considerado uma mistura homogênea.
- 08) Correta. O craqueamento catalítico converte óleos de cadeia grande em moléculas menores, que podem ser usadas para compor, entre outros produtos, a gasolina, ou seja, o craqueamento "quebra" cadeias maiores em cadeias menores.

- 16) Incorreta. A ramificação das cadeias carbônicas dos compostos que formam a gasolina é algo desejável, uma vez que isso aumenta a octanagem do combustível.

11. C

Combustão é uma reação química exotérmica, ou seja, libera calor para o ambiente. Esse tipo de reação é muito comum, já que a maioria da energia que consumimos deriva da queima de materiais: os combustíveis. Exemplo: gás de cozinha, gasolina, óleos e outros, todos eles obtidos por meio da destilação de petróleo, por isso recebem a classificação de hidrocarbonetos.

12. D



13. A

A fração querosene é recolhida por destilação na faixa de temperatura entre  $175^\circ\text{C}$  e  $235^\circ\text{C}$ , conforme mostra a tabela. Na torre de fracionamento, a temperatura diminui conforme a altura aumenta. Assim, temos a seguinte correspondência:

| Fração            | Ponto de recolhimento da fração | Faixa da temperatura de ebulição ( $^\circ\text{C}$ ) |
|-------------------|---------------------------------|---|
| Gasolina          | 4                               | De 40 a 175   |
| Querosene         | 3                               | De 175 a 235  |
| Óleo combustível  | 2                               | De 235 a 305  |
| Óleo lubrificante | 1                               | Acima de 305  |

14. a) Monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}$  e  $\text{NO}_2$ ) e aldeídos. No estado gasoso, o monóxido de carbono tem alta afinidade com a hemoglobina no sangue, substituindo o oxigênio e reduzindo a sua alimentação para o corpo durante o processo de respiração. O dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio provocam problemas respiratórios. Aldeídos são capazes de exercer efeito tóxico sobre o fígado e o sistema nervoso. A interação do dióxido de enxofre e de óxidos de nitrogênio com a água provoca a formação de chuvas ácidas, devido à formação de ácido sulfúrico e ácido nítrico, respectivamente.
- b) A emissão de gases poluentes pode ser reduzida mediante uma série de ações, envolvendo, por exemplo:

- aumento da eficiência na queima de combustível pelos motores dos automóveis;
- utilização de catalisadores mais eficientes para conversão do monóxido de carbono, dos óxidos de nitrogênio e dos hidrocarbonetos em dióxido de carbono, nitrogênio e água;
- redução da quantidade de enxofre nos óleos combustíveis.

## 15. E

Arila é o radical que contém núcleo benzênico, porém o reagente éter não possui radical.

## 16. Função orgânica: álcool

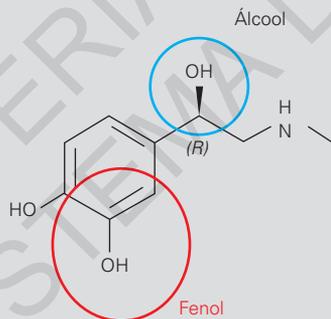
Álcool é toda substância orgânica que contém um ou mais grupos oxidrila ou hidroxila ( $\text{—OH}$ ) ligados diretamente a átomos de carbono saturados.

## 17. C

- Correto. O craqueamento é um processo que converte as frações pesadas do petróleo, como o óleo diesel, em frações menores como a gasolina e o GLP que possuem grande demanda comercial.
- Falso: A ruptura das ligações químicas é um processo endotérmico, ou seja, absorvem energia.
- Correta: Os catalisadores são substâncias capazes de aumentar a velocidade de determinadas reações químicas sem participar da reação, ou seja, são regenerados ao final dela.

## Estudo para o Enem

## 18. A



**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

## 19. C

$\text{CH}_3\text{—O—CH}_2\text{—CH}_3$  (metoxietano/éter metilético)

**Competência:** Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

**Habilidade:** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

## 20. B

- Incorreto. A destilação, como todo processo de separação, é um processo físico.
- Correto. Pelo fato de os hidrocarbonetos serem apolares, as forças predominantes são as do tipo dispersão de London.
- Incorreto. Tanto a água do mar quanto a água pura não se misturam ao petróleo, em razão da diferença de polaridade entre esses compostos.
- Incorreto. Tanto o propano quanto o butano são obtidos, principalmente, pelo processo do craqueamento catalítico do petróleo.
- Incorreto. Ambos são moléculas apolares, portanto possuem momento dipolar igual a zero.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

## 4 FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS: ALDEÍDO, CETONA, ÁCIDOS CARBOXÍLICOS E SAIS DE ÁCIDO CARBOXÍLICO

### Comentário sobre o módulo

Aqui serão estudados os compostos aldeído e cetona e as funções carboniladas. Essas funções apresentam carbonila em sua estrutura, ou seja, contém átomo de carbono realizando ligação dupla com átomo de oxigênio. Estudaremos, também, a nomenclatura oficial, IUPAC, assim como as propriedades dos aldeídos e das cetonas.

Também se enfatiza a nomenclatura oficial dos ácidos carboxílicos e dos sais de ácidos carboxílicos, além das propriedades de ambos. Nele, são mostradas, ainda, as aplicações mais importantes para cada uma das funções.

### Para ir além

WADE JR., L. G. *Organic chemistry*. 5. ed. Prentice Hall, 2007.

BRUICE, Paula Y. *Química orgânica*. 4. ed. Pearson, 2006.

VOLHARDT, K. P. C. *Química orgânica*. 4. ed. Bookman, 2004.

<<https://www.youtube.com/watch?v5BRldXkRoqx8>>.

Acesso em: jun. 2018.

BARBOSA, L. C. de. *Introdução à química orgânica*. São Paulo: Prentice Hall, 2004. 311 p.

UCKO, A. D. *Química para as ciências da saúde: uma introdução à química geral, orgânica e biológica*. São Paulo: Manole, 1992. 646 p.

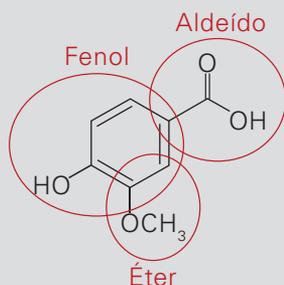
FIORUCCI, Antônio R.; SOARES, Márlon H. F. B.; CAVALHEIRO, Éder T. G. Ácidos orgânicos: dos primórdios da química experimental à sua presença em nosso cotidiano. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 15, maio 2002. Disponível em:

<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc15/v15a02.pdf>>.

Acesso em: 23 jun. 2018.

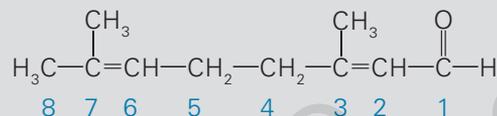
### Exercícios Propostos

7. D



8. 13 (01 + 04 + 08)

01) Correta. O citral, de acordo com a IUPAC, chama-se 3,7-dimetil-octa-2,6-dienal.

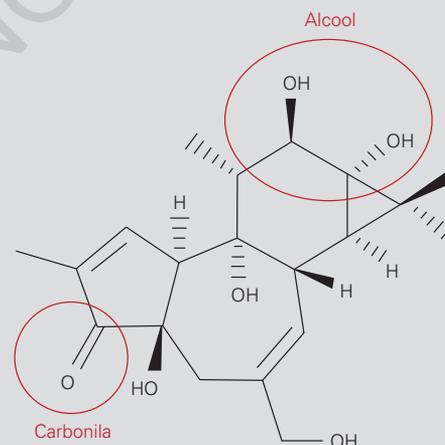


02) Incorreta. Em razão da presença do grupo carbonila, as moléculas do aldeído fazem ligações do tipo dipolo-dipolo ou dipolo-permanente.

04) Correta. A temperatura de ebulição do aldeído (apresenta ligação do tipo dipolo-dipolo) é mais baixa que a de um álcool (apresenta ligação de hidrogênio) de massa molar semelhante.

08) Correta. O citral possui cadeia carbônica alifática (aberta), insaturada (duas duplas ligações), ramificada (dois carbonos terciários) e homogênea (apenas carbonos).

9. E

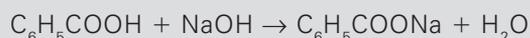


10. E

O benzoato de sódio é um sal de ácido carboxílico.

11. C

O sal benzoato de sódio é produzido pela reação entre o ácido benzoico e o hidróxido de sódio.



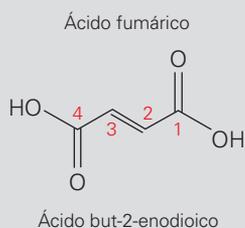
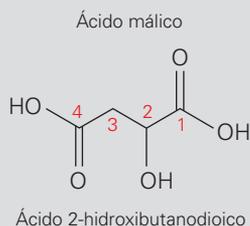
12. Nome da estrutura segundo as regras da IUPAC: dodecanoato de sódio

13. C

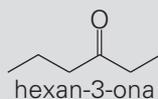
CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH apresenta o grupo carboxila (—COOH).

O composto químico identificado no texto é classificado como ácido carboxílico.

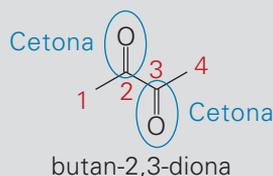
14.



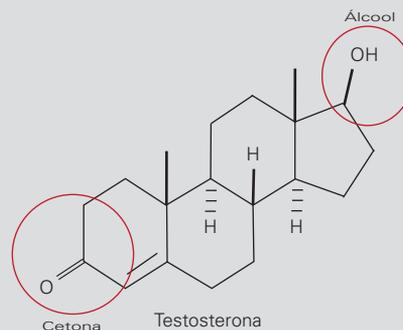
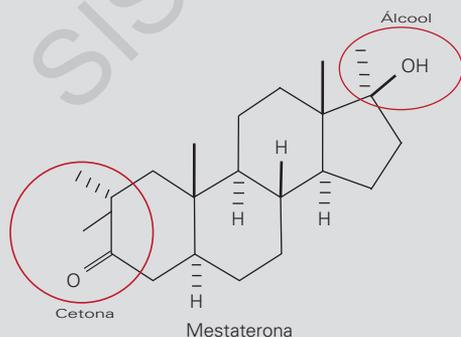
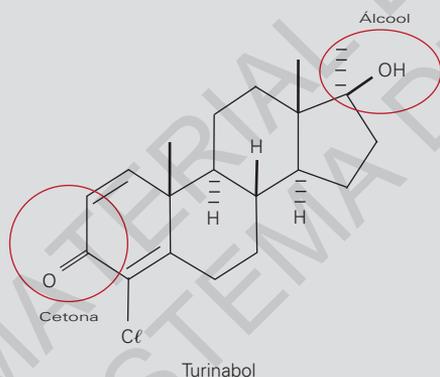
15. D



16.

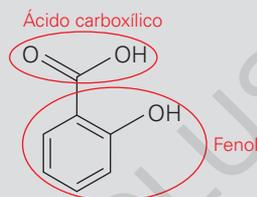


17. A



## Estudo para o Enem

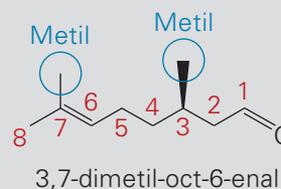
18. A



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

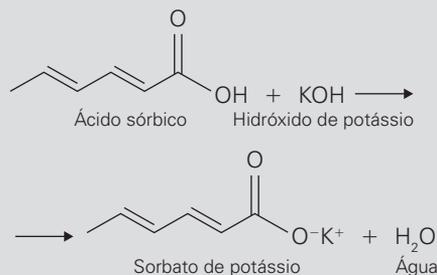
19. D



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

20. A



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

## 5 FUNÇÕES ORGÂNICAS: OXIGENADA - ÉSTER - E NITROGENADAS - AMINA E AMIDA

### Comentários sobre o módulo

Estudamos a função orgânica oxigenada éster. Para isso, será apresentado o grupo funcional que caracteriza a função éster, bem como a reação de obtenção dos ésteres. Será abordada, também, a nomenclatura dos ésteres de acordo com a IUPAC e algumas de suas propriedades.

Estudamos as funções nitrogenadas amina e amida. Em relação às funções orgânicas, será discutida a sua formação, bem como sua nomenclatura. As aminas recebem uma atenção especial com relação às suas propriedades, enfatizando o seu caráter básico.

### Para ir além

Aminas biogênicas: um problema de saúde pública. Disponível em:

<http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/v5n2a04.pdf>.

Acessado em: out. 2018.

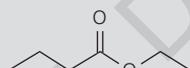
Uma abordagem diferenciada para o ensino de funções orgânicas através da temática medicamentos. Disponível em:

[http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34\\_1/05-EA-43-11.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_1/05-EA-43-11.pdf)

Acessado em: out. 2018.

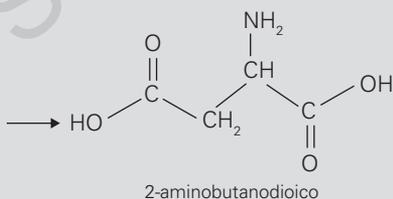
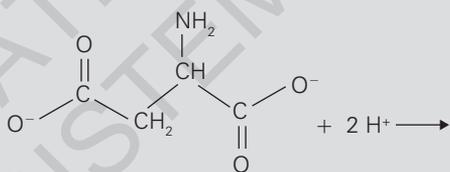
### Exercícios propostos

7. B

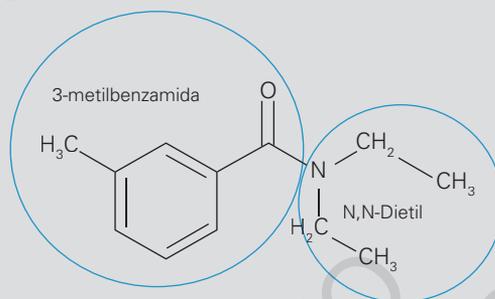


Éster responsável pelo flavor de abacaxi  
Butanoato de etila

8. Nome IUPAC: 2-aminobutanodioico

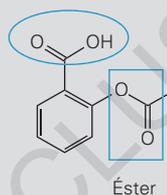


9. D



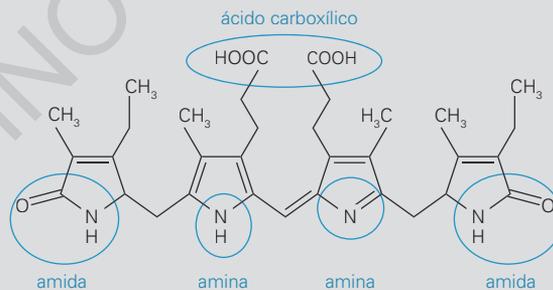
10. E

Ácido carboxílico

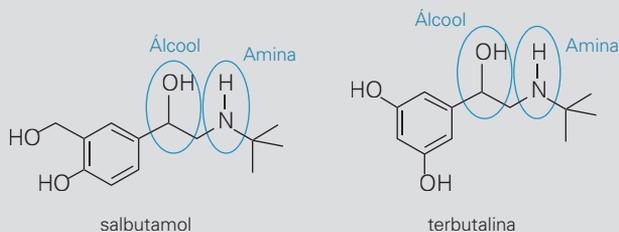


11. B

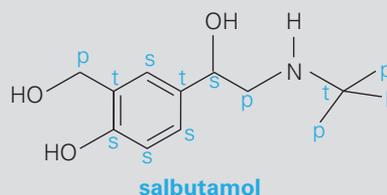
A estrutura molecular da urobilina apresenta 2 grupos de ácido carboxílico, 2 grupos amida e 2 grupos amina, conforme ilustrado a seguir.



12. Funções orgânicas correspondentes (ligação direta com os carbonos alifáticos em cada molécula): álcool e amina.

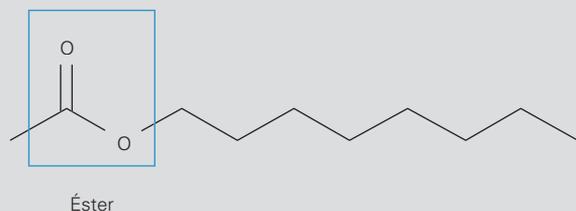


Número de átomos de carbonos terciários presentes no salbutamol: 3.



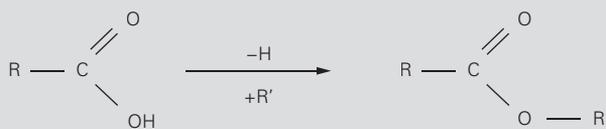
13. B

Nomenclatura: etanoato de n-octila.



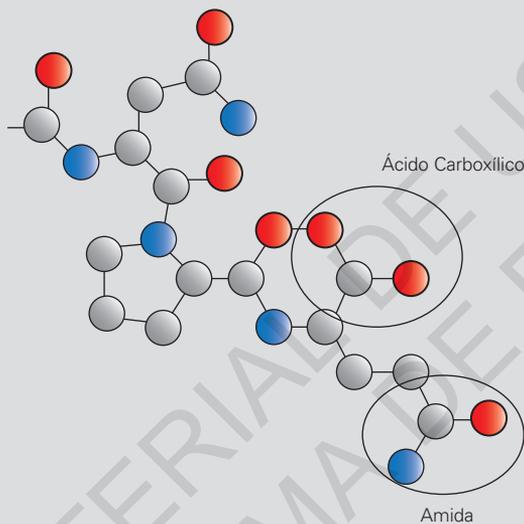
14. D

Podem ser considerados os principais derivados dos ácidos carboxílicos. Apresentam um grupo funcional gerado a partir da troca do hidrogênio da carboxila por um radical orgânico (cadeia carbônica).

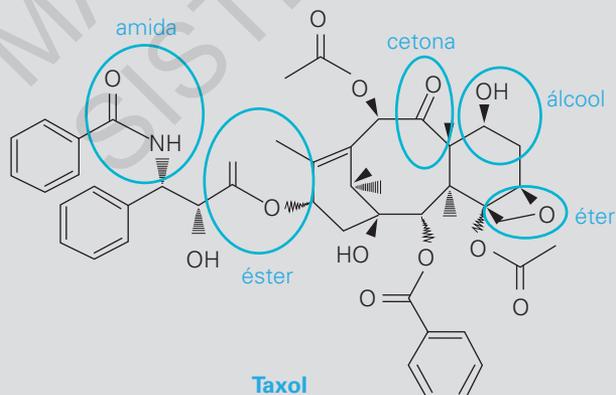


Lembre-se de que R e R' são cadeias carbônicas alifáticas, podendo também aparecer o radical arila (Ar), que é aromático.

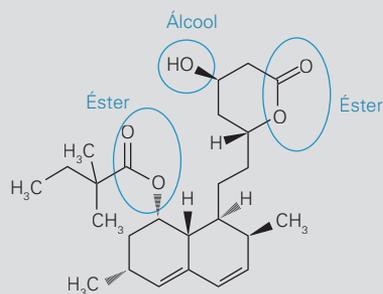
15.



16.



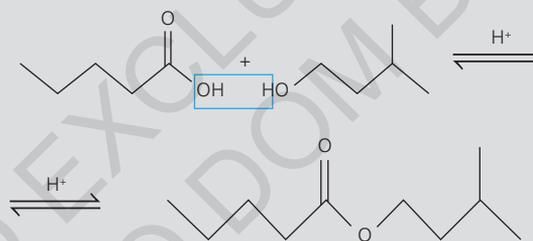
17. E



## Estudo para o Enem

18. D

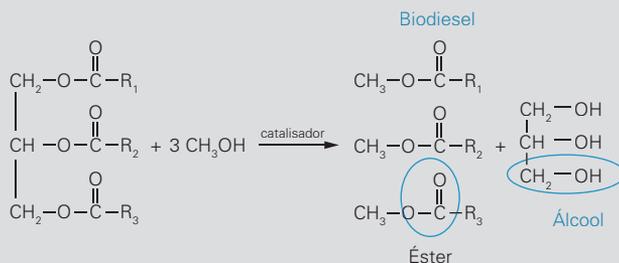
Reação de esterificação envolvendo o ácido carboxílico pentanoico mais o álcool 3-metil-1-butanol, produzindo o éster, responsável pelo aroma de maçã.



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

19. B

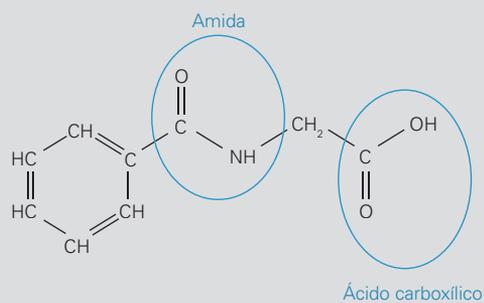


**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

20. B

Na estrutura do ácido hipúrico, além do grupo ácido carboxílico, pode-se identificar a função oxigenada amida.



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas. Identificar fórmulas estruturais de hidrocarbonetos, aminas, amidas, ácidos carboxílicos, ésteres, éteres, aldeídos, cetonas, álcoois etc.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## 6 FUNÇÕES NITROGENADAS E HALOGENADAS E PROPRIEDADES FÍSICAS DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

### Comentários sobre o módulo

Estudamos as funções orgânicas: nitrilas, nitrocompostos e haletos orgânicos. Serão estudados seus grupos funcionais, bem como suas nomenclaturas.

Estudamos as propriedades físicas e químicas dos compostos orgânicos, como temperatura de fusão, temperatura de ebulição e solubilidade. Essas propriedades estão relacionadas ao tipo de interação que ocorre entre as moléculas e o tamanho delas. No quesito solubilidade, será abordada a questão da semelhança de polaridade (polar dissolve polar e vice-versa). Também serão citadas as moléculas anfífilas, como álcool e sabão. Discutimos também, a acidez e a basicidade dos compostos orgânicos.

### Para ir além

A química dos agrotóxicos. Disponível em:

[http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34\\_1/03-QS-02-11.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_1/03-QS-02-11.pdf)

Acesso em: out. 2018.

Anilina. Disponível em:

<http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/v3n6a06.pdf>

Acesso em: out. 2018.

DONATE, Paulo Marcos. *Química orgânica: estrutura e propriedades de compostos orgânicos*. Rio de Janeiro: Atheneu, 2018.

Solubilidade das substâncias orgânicas. Scielo. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422013000800026](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422013000800026)

Acesso em: out. 2018.

### Exercícios propostos

7. A

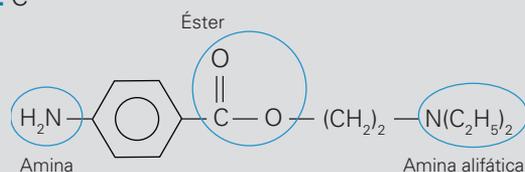
O etanol é um álcool que apresenta como grupo funcional a hidroxila ( $-\text{OH}$ ), ligada a carbonos saturados, em sua estrutura. Esse grupo possui o hidrogênio ligado a um elemento muito eletronegativo (oxigênio), o que permite que realize ligação de hidrogênio. Essa é a força intermolecular mais forte, logo possui maior temperatura de ebulição quando comparado ao éter metílico, que é uma molécula não polar.

8. D

Em uma série, com a elevação do número de átomos de carbono na cadeia carbônica de um ácido carboxílico, ocorrerá a diminuição da acidez.

Conclusão: o ácido etanoico (2 carbonos) é mais fraco do que o ácido metanoico (1 carbono).

9. C



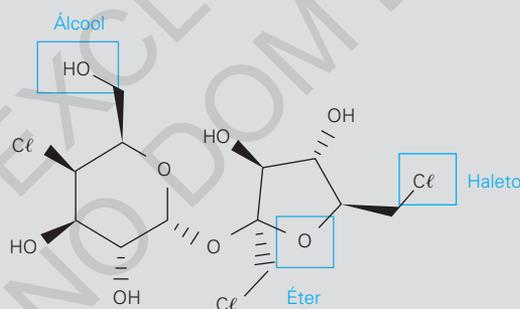
10. I) 3-metil-butanamida

II) 1-cloro-2-metilpropano

III) etil-metilpropilamina

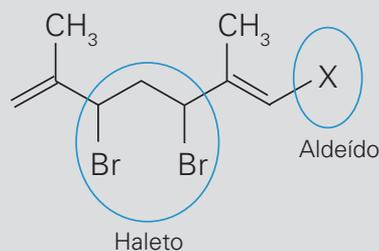
IV) butanonitrila ou cianeto de propila

11. D

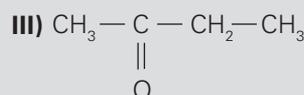
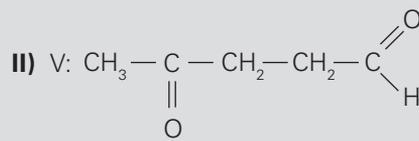
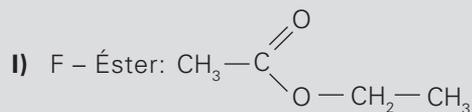


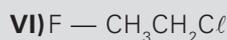
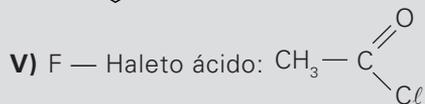
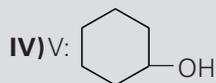
12. B

A massa molecular é 310 u, e as funções presentes são:

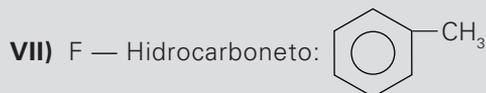


13. C





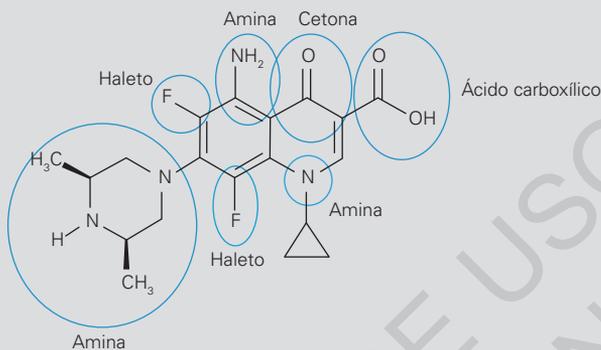
É um haleto de alquila ou cloreto de alquila.



14. C

A molécula de  $\text{H}_2\text{S}$  apresenta, além de sua geometria angular, caráter polar, fazendo com que esse gás seja solúvel em água. O etino, assim como todos os hidrocarbonetos, é não polar, não sendo solúvel em água.

15. E

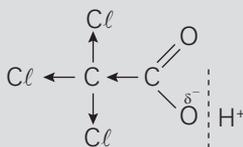


16.

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos produzidos pela queima da gordura da carne são espécies não polares e, portanto, não poderiam ser removidos da carne somente com a lavagem com água, já que ela é uma substância polar.

17. C

Quanto maior a quantidade de átomos de cloro ligados ao carbono da carboxila, mais os elétrons das ligações covalentes são atraídos na direção deles, “enfraquecendo” o átomo de oxigênio da hidroxila que fica “positivado” e, conseqüentemente, libera o hidrogênio com mais facilidade, ou seja, a força ácida aumenta.



## Estudo para o Enem

18. B

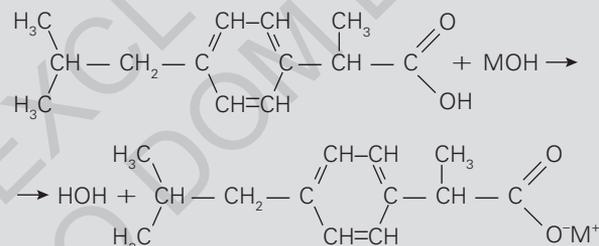
O grupo  $\text{CH}_3$  é orto-para dirigente, por isso temos a formação da molécula indicada na alternativa B como correta.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

19. B

O ibuprofeno solubiliza-se em soluções de hidróxidos de metais alcalinos (MOH) devido ao hidrogênio ácido do grupo carboxila:



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

20. A

O enunciado nos diz que, para que ocorra a remoção, utilizam-se também solventes orgânicos de baixa polaridade. Dentre as opções, o solvente com menor grau de polaridade é o hexano (hidrocarboneto). Além disso, a molécula de 2,3,7,8-tetraclorodioxina possui um alto caráter não polar, e, portanto, interagirá melhor com solventes não polares.

**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

## 7 ISOMERIA PLANA DE: FUNÇÃO, CADEIA, POSIÇÃO, COMPENSAÇÃO E TAUTOMERIA

### Comentário sobre o módulo

Estudamos o conceito de isomeria, além de um de seus tipos: a isomeria plana. Dentro de isomeria plana, abordamos apenas isomeria de função e de cadeia. Em isomeria de função, destacam-se os casos mais importantes; se o professor tiver disponibilidade, poderá discutir outros exemplos de isomeria de função. Dentro de isomeria de cadeia, destacam-se os casos de cadeia aberta e fechada, normal e ramificada, homogênea e heterogênea.

Estudamos as classes de isomeria plana denominadas de posição, metameria e tautomeria. A isomeria de posição será trabalhada com relação à mudança de posição do radical, do grupo funcional e da insaturação. A isomeria de compensação será explicada como um caso particular de isomeria de posição. Quanto à tautomeria, será equacionado o equilíbrio dinâmico entre aldeído e enol e entre cetona e enol.

### Para ir além

Abordando o conceito de isomeria por meio de situações-problema no ensino superior de química. Disponível em:

<http://www.sbg.org.br/eneq/xv/resumos/R0699-2.pdf>

Acesso em: out. 2018.

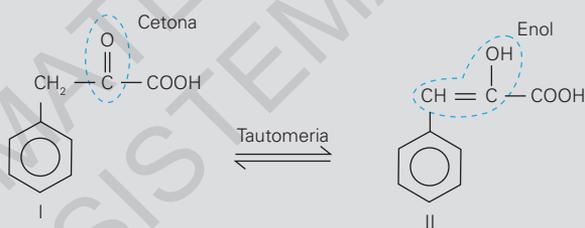
Aí tem química! – Isomeria – Guia didático do professor. Disponível em:

<[http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/cd1/conteudo/recursos/5\\_video/Isomeria/Isomeria/guiaDidatico.pdf](http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/cd1/conteudo/recursos/5_video/Isomeria/Isomeria/guiaDidatico.pdf)>.

Acesso em: out. 2018.

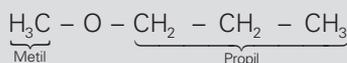
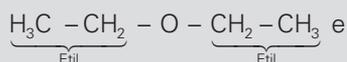
### Exercícios propostos

7. O tipo de isomeria é a tautomeria, pois a molécula I apresenta o grupo funcional cetona, enquanto a molécula II apresenta o grupo funcional enol.



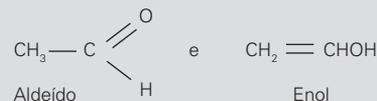
### 8. C

Isomeria de compensação ou metameria (I e V):

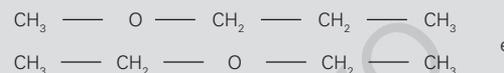


### 9. A

Tautomeria ou isomeria dinâmica:



Metameria ou compensação:



Isomeria de função ou funcional:

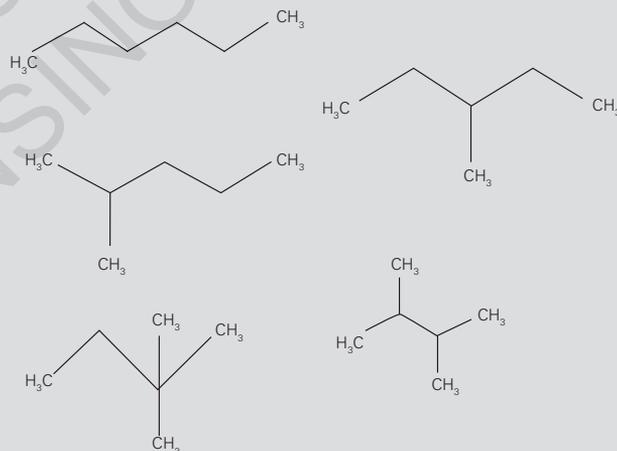


Isomeria de posição:

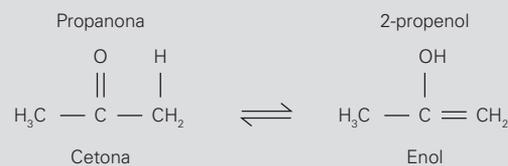


10. a) V < IV < III < I < II

b) Total de 5 isômeros:



### 11. C



12. 1) Pentano e 2-metilbutano: isômeros de cadeia

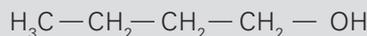
2) But-1-eno e but-2-eno: isômeros de posição

3) Etoxietano e metoxipropano: isômeros de compensação ou metameria

4) Ácido propanoico e metanoato de etila: isômeros de função

## 13. B

O butanol e o etoxietano são isômeros funcionais, pois ambas as fórmulas moleculares desses compostos são  $C_4H_{10}O$ , mas um é álcool e o outro é um éter.

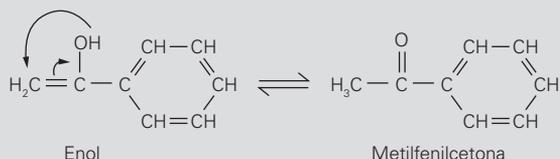


Butanol  
(Álcool)



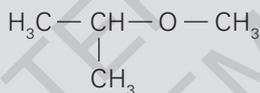
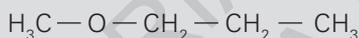
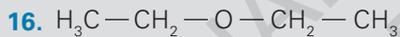
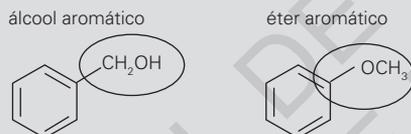
Etoxietano  
(Éter)

## 14.



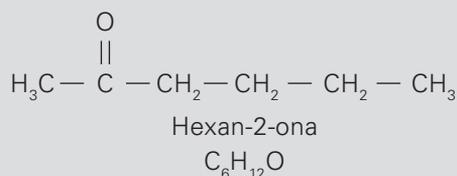
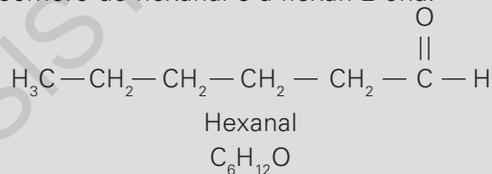
## 15. E

O conjunto (III) é formado por um álcool aromático e por um éter aromático, sendo ambos isômeros de função ou funcionais, a diferença está na função orgânica.



## 17. D

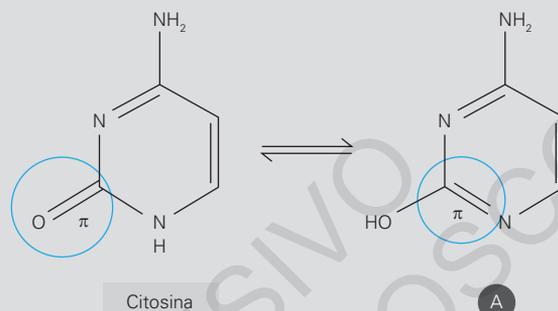
O isômero do hexanal é a hexan-2-ona.



## Estudo para o Enem

## 18. E

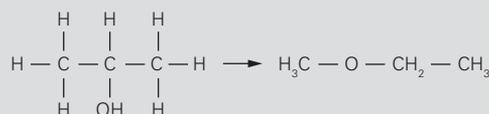
No processo químico mostrado anteriormente, a substância A é um tautômero da citosina. Isso significa que a ligação pi ( $\pi$ ) presente no oxigênio muda de posição.



**Competência:** Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

**Habilidade:** Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

No caso, o álcool isopropílico é isômero do éter metiletílico.



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

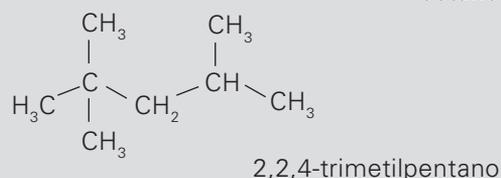
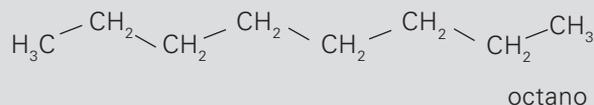
**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

## 19. E

Os isômeros de cadeia citados no texto apresentam a mesma fórmula molecular.

$C_8H_{18}$ : octano

$C_8H_{18}$ : (2,2,4-trimetilpentano)

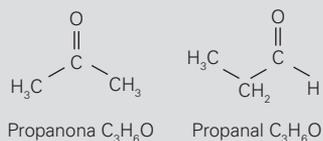


**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

20. D

A propanona (cetona) apresenta isomeria funcional com o propanal (aldeído). Isomeria funcional é aquela na qual os compostos possuem a mesma fórmula molecular, porém grupos funcionais diferentes.



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

## 8 ISOMERIA GEOMÉTRICA E ÓPTICA

### Comentário sobre o módulo

Estudamos o conceito de isomeria geométrica em compostos de cadeias aberta e fechada, bem como suas nomenclaturas. Também serão abordadas as diferentes formas de nomenclatura dos compostos e suas propriedades físicas.

Estudamos os conceitos de luz polarizada e de assimetria de moléculas, uma vez que a isomeria óptica está relacionada à capacidade que uma molécula assimétrica tem de desviar o plano da luz polarizada. Serão estudados, também, os conceitos de mistura racêmica; a identificação de molécula assimétrica, por meio da presença do carbono assimétrico; e a determinação do número de isômeros ópticos ativos em moléculas com carbonos assimétricos.

### Para ir além

Química de coordenação: um sonho audacioso de Alfred Werner. Disponível em:

<http://rvq.s bq.org.br/imagebank/pdf/v6n5a10.pdf>

Acesso em: out. 2018.

Desenhando isômeros ópticos. Disponível em:

[http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc38\\_2/07-CCD-93-14.pdf](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc38_2/07-CCD-93-14.pdf)

Acesso em: out. 2018.

Rotação de luz polarizada por moléculas quirais: uma abordagem histórica com proposta de trabalho em sala de aula. Disponível em:

<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc21/v21a07.pdf>

Acesso em: out. 2018.

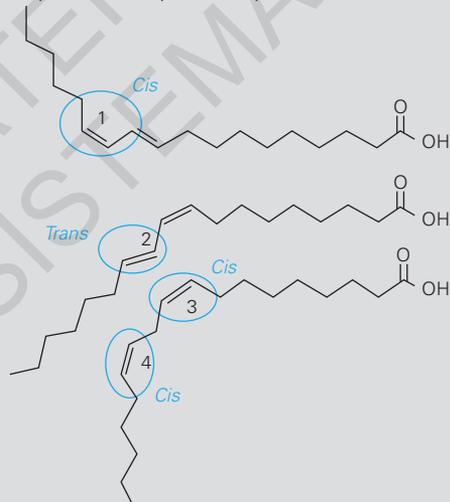
Fármacos e quiralidade. Disponível em:

<http://qnesc.s bq.org.br/online/cadernos/03/quiral.pdf>

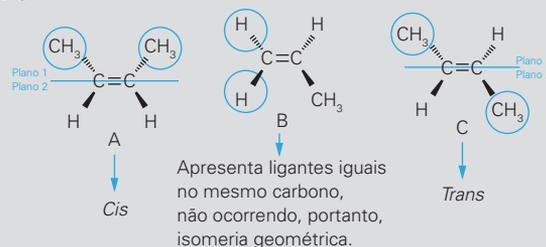
Acesso em: out. 2018.

### Exercícios propostos

7. 1 – cis; 2 – trans; 3 – cis; 4 – cis



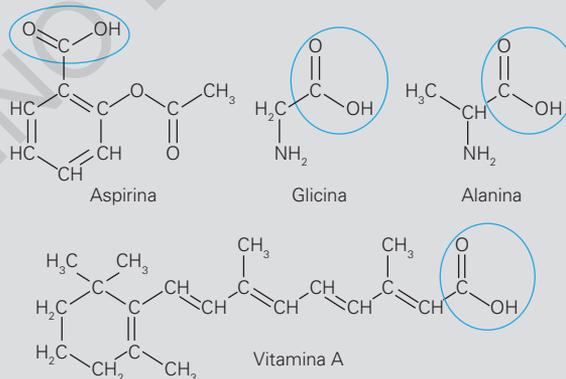
8. C



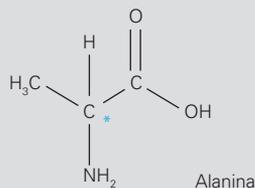
9. B

- Correta. Racemato ou mistura racêmica é a mistura de dois isômeros ópticos.
- Incorreta. Diastereoisômeros são isômeros que não são imagens especulares um do outro, mas, nesse caso, isso não ocorre.
- Incorreta. Os dois isômeros são ópticos, pois apresentam carbonos quirais.
- Correta. Isômeros ópticos apresentam mesmo ponto de fusão e de ebulição.

10. a) Ácido carboxílico

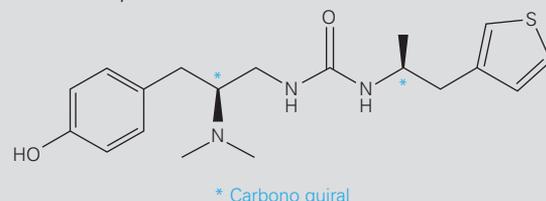


b) A alanina apresenta um átomo de carbono ligado a quatro ligantes diferentes entre si, ou seja, um átomo de carbono quiral ou assimétrico (\*).

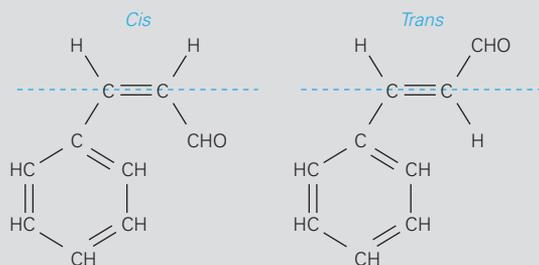


11. E

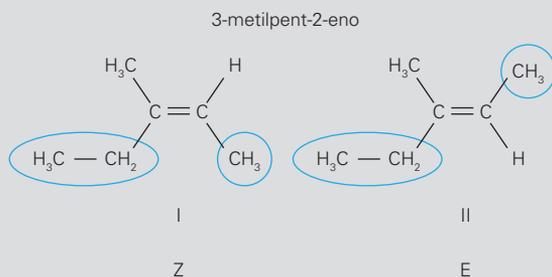
O PMZ21 possui dois carbonos quirais ou assimétricos, então:



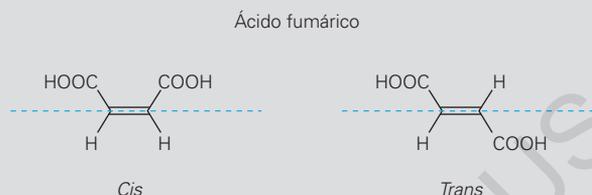
## 12. Estruturas isoméricas:



## 13. B



## 14. Estruturas isoméricas:

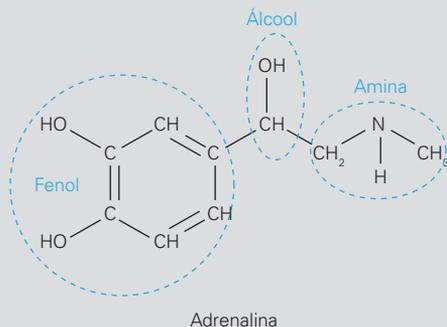
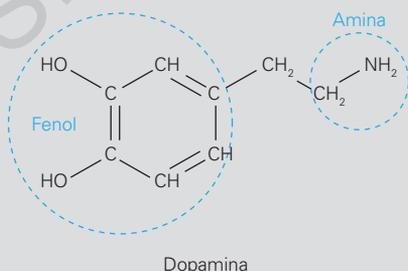


## 15. D

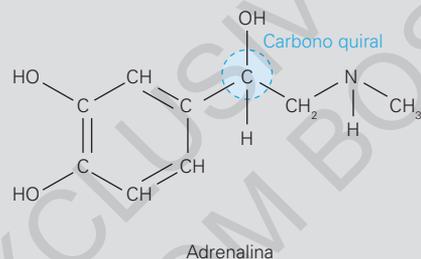
Na isomeria geométrica, ocorre modificação do arranjo espacial dos grupos ligados aos átomos de nitrogênio (*cis* = mesmo lado e *trans* = lados opostos).



## 16. Função química que difere a dopamina da adrenalina: álcool.



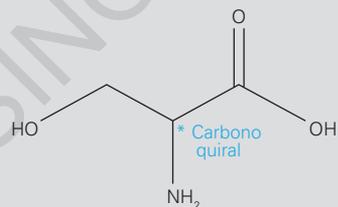
Neurotransmissor com isomeria óptica: adrenalina, pois apresenta carbono quiral.



Fórmula molecular da adrenalina:  $C_9H_{13}NO_3$

## 17. A

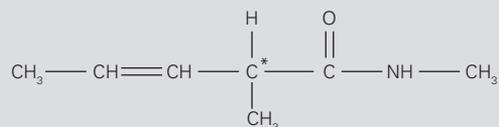
A molécula da serina apresenta um carbono quiral ou assimétrico.



## Estudo para o Enem

## 18. B

O composto que possui moléculas assimétricas cuja cadeia carbônica é insaturada, heterogênea e ramificada está simbolizado na alternativa B.



**Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**Habilidade:** Reconhecer as fórmulas estruturais dos possíveis isômeros de uma dada substância, a partir de fórmulas moleculares e nomes.

## 19. D

Os dois enantiômeros possuem propriedades iguais; o que difere um do outro é o desvio do plano da luz polarizada, sendo o R um dextrogiro (desvio

da luz para a direita) e o S um levogiro (desvio da luz para a esquerda). Portanto, interação de maneira distinta com o organismo.

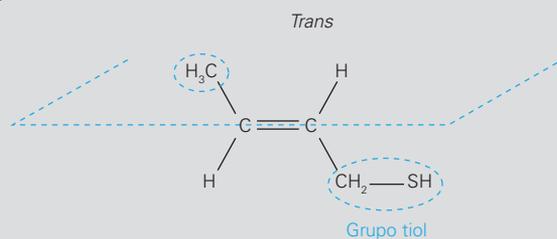
**Competência:** Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

**Habilidade:** Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

**Competência:** Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

**Habilidade:** Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

20. B



MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO  
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO



Pearson

PRÉ-VESTIBULAR  
SEMIEXTENSIVO

1

