

Caro(a) aluno(a),

Neste Caderno, você irá estudar temas instigantes que o farão pensar e buscar informações para responder a algumas questões como: por que um licor é ácido? Você sabia que Nicolas Lemery (1645-1715), ao analisar as formas que assumem os cristais de seus sais ácidos, percebeu que o licor contém partículas pontiagudas que, devido a essa forma, causam a sensação de “picar”?

Você também poderá associar a forma geométrica das moléculas ao cheiro, ao sabor e à ação de alguns produtos como, por exemplo, os medicamentos.

Para isso, você deverá reconhecer as propriedades dos sólidos iônicos, elaborando modelos explicativos a partir da ideia de interações eletrostáticas entre íons de cargas opostas, forças de dispersão dipolo-dipolo, ligações de hidrogênio e ligações interatômicas.

Além disso, o estudo de propriedades como temperatura de fusão e de ebulição, condutibilidade elétrica, solubilidade e estruturas possibilitarão a você explicar microscopicamente os diferentes comportamentos das substâncias.

Dessa maneira, você entenderá as ligações de hidrogênio e as propriedades peculiares da espécie química água, fundamental para a vida na Terra.

O volume termina apresentando as propriedades de substâncias macromoleculares conhecidas no dia a dia. Quando bem compreendidas, possibilitam entender as relações entre as propriedades e o uso das substâncias.

Equipe Técnica de Química  
Área de Ciências da Natureza  
Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas – CENP  
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo





## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1

### FORÇAS DE INTERAÇÃO ENTRE PARTÍCULAS NOS ESTADOS SÓLIDO, LÍQUIDO E GASOSO

Nesta Situação de Aprendizagem, vamos analisar como propriedades físicas, tais como estado físico, temperaturas de fusão e de ebulição e condutibilidade elétrica, estão relacionadas à natureza das partículas que constituem as substâncias e à intensidade das forças de interação (atrações e repulsões entre átomos, moléculas e íons) que mantêm essas partículas unidas.

#### Atividade 1 – Leitura de texto

Nesta atividade, vamos considerar a possibilidade da existência de interações não somente entre os átomos de H e O que constituem as partículas de  $H_2O$  (assunto discutido no Caderno do Aluno do volume 2), mas também entre as próprias partículas de  $H_2O$ .

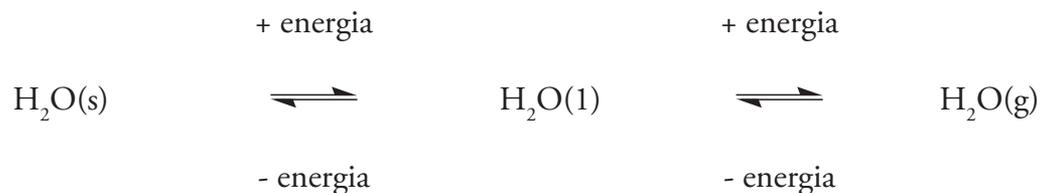
Leia o texto que segue e responda ao que se pede.



#### Leitura e Análise de Texto

Maria Eunice Ribeiro Marcondes e Yvone Mussa Esperidião

Em nosso planeta, a água encontra-se nos estados sólido, líquido e gasoso. A água doce disponível (no máximo 0,3% de toda a água do planeta) já teria sido totalmente consumida se não fosse o ciclo hidrológico, que envolve, sob a ação da energia solar, o movimento contínuo das águas, distribuindo-as em diferentes regiões do planeta: estado sólido nas geleiras e calotas polares; estado líquido nos oceanos, mares, rios, lençóis freáticos etc.; estado gasoso (vapor de água) na atmosfera. Esse movimento se dá por meio de transformações, algumas envolvendo mudanças de fase – como a evaporação, a transpiração e a condensação – que culminam com a precipitação da água, na forma de chuva, e sua infiltração nas camadas subterrâneas do solo. Esses processos estão representados a seguir:



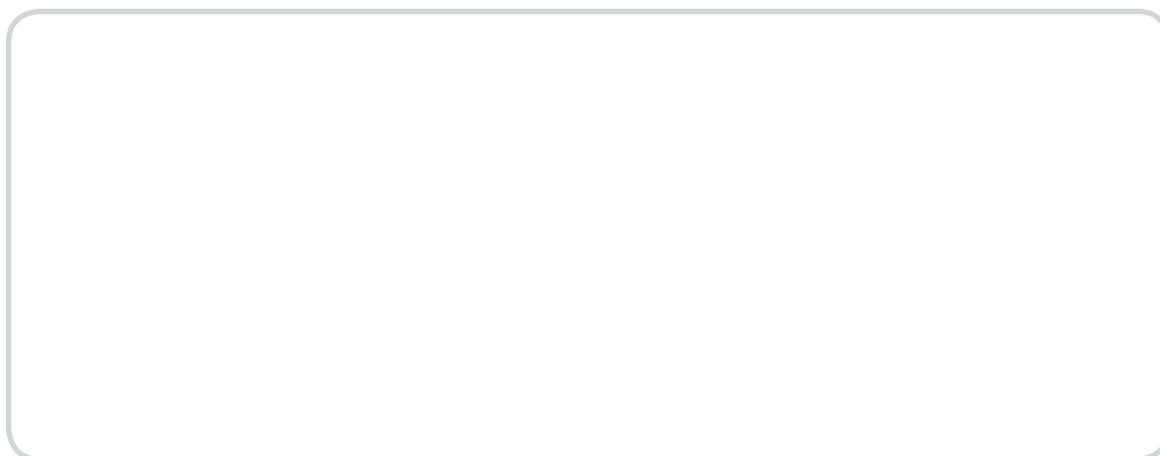
Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

**Questões para análise do texto**

1. Represente por meio de um desenho o chamado ciclo hidrológico, ilustrando todas as transformações citadas no texto.



2. Considerando que a água quimicamente pura, esteja ela nos estados sólido, líquido ou gasoso, é constituída unicamente de partículas de  $H_2O$ , como explicar, em nível microscópico, o que ocorre para que a água possa existir nesses três estados físicos? Represente com desenhos.



---

---

---

---

---

---

## Atividade 2 – Forças de interação entre íons: explicando propriedades de sólidos iônicos

Veja a lista de substâncias a seguir: cloreto de sódio (NaCl), brometo de sódio (NaBr), cloreto de magnésio ( $\text{MgCl}_2$ ), cloreto de bário ( $\text{BaCl}_2$ ), óxido de sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ), óxido de bário ( $\text{BaO}$ ), óxido de magnésio ( $\text{MgO}$ ), butano ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) e octano ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ). Busque, de acordo com a orientação do seu professor, no Caderno do Aluno do volume 2, informações sobre suas propriedades, tais como estado físico, temperaturas de fusão e de ebulição, condutibilidade elétrica, solubilidade em água e outras. Organize as informações coletadas em uma tabela, seguindo a orientação do seu professor. Um exemplo de tabela é dado a seguir.

Substância	Estado físico a 25 °C	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição a 1 atm (°C)	Condutibilidade elétrica		Solubilidade em água	Caráter predominante da ligação
				Sólido	Líquido		
Cloreto de sódio (NaCl)							
Brometo de sódio (NaBr)							
Cloreto de magnésio ( $\text{MgCl}_2$ )							
Cloreto de bário ( $\text{BaCl}_2$ )							
Óxido de sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$ )							
Óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ )							
Óxido de bário ( $\text{BaO}$ )							
Óxido de magnésio ( $\text{MgO}$ )							
Butano ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )							
Octano ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ )							

1. Analise as propriedades das substâncias e identifique o tipo de ligação que pode estar ocorrendo entre as partículas que as constituem.

---



---



---



---



---

2. Como você explicaria essas propriedades considerando as interações entre as partículas que constituem tais substâncias?

---



---



---



---



## ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

### Como os íons $\text{Na}^+$ e $\text{Cl}^-$ interagem para formar o sólido $\text{NaCl}$ ?

#### Modelo para cristais de cloreto de sódio

Por menor que seja um cristal de substância iônica, ele é constituído por trilhões de cátions e ânions. Como esses íons se distribuem para formar os cristais?

Para buscar a resposta a essa questão, você e seus colegas de grupo, com a orientação de seu professor, construirão um modelo de cristal de cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ) tridimensional.

#### Materiais

- fita adesiva (ou palitos de dente);
- seis esferas de isopor (ou de massa de modelar), sendo três de determinado diâmetro e as outras três com o dobro do diâmetro das primeiras (sugerimos 3 e 6 cm de diâmetro, respectivamente);
- cristais de  $\text{NaCl}$  preparados com antecedência por recristalização.

**Procedimento**

Para construir o modelo, baseie-se na seguinte informação: o raio do íon  $\text{Cl}^-$  é praticamente o dobro do raio do íon  $\text{Na}^+$  (observe as representações a seguir).



Discuta com seus colegas do grupo uma forma de unir as seis esferas de isopor (ou de massa de modelar) de modo a obter um modelo que represente três agregados  $\text{NaCl}$  unidos entre si.

Extraído de: AMBROGI, Angélica; VERSOLATO, Elena F.; LISBÔA, Júlio César Foschini. *Unidades modulares de Química*. Cecisp (Centro de Ensino de Ciências de São Paulo). São Paulo: Hamburg, 1987, p. 26-7.

**Questões para análise do experimento**

1. O que o levou a decidir como deveria ser a distribuição das esferas no modelo?

---



---



---



---

2. Sob orientação do seu professor, reúna-se aos colegas dos demais grupos e, juntos, utilizando todos os conjuntos construídos, monte um “edifício” de íons, ou seja, um cristal de  $\text{NaCl}$ .
3. Descreva como os cátions  $\text{Na}^+$  e os ânions  $\text{Cl}^-$  estão dispostos no modelo elaborado.

---



---



---

4. As faces de um cristal de  $\text{NaCl}$  formam entre si ângulos de  $90^\circ$ . Isso é resultado do arranjo dos íons que constituem o cristal. Compare o modelo que foi construído com os cristais de cloreto de sódio apresentados por seu professor. Em ambos, as faces formam entre si ângulos de  $90^\circ$ ?

---

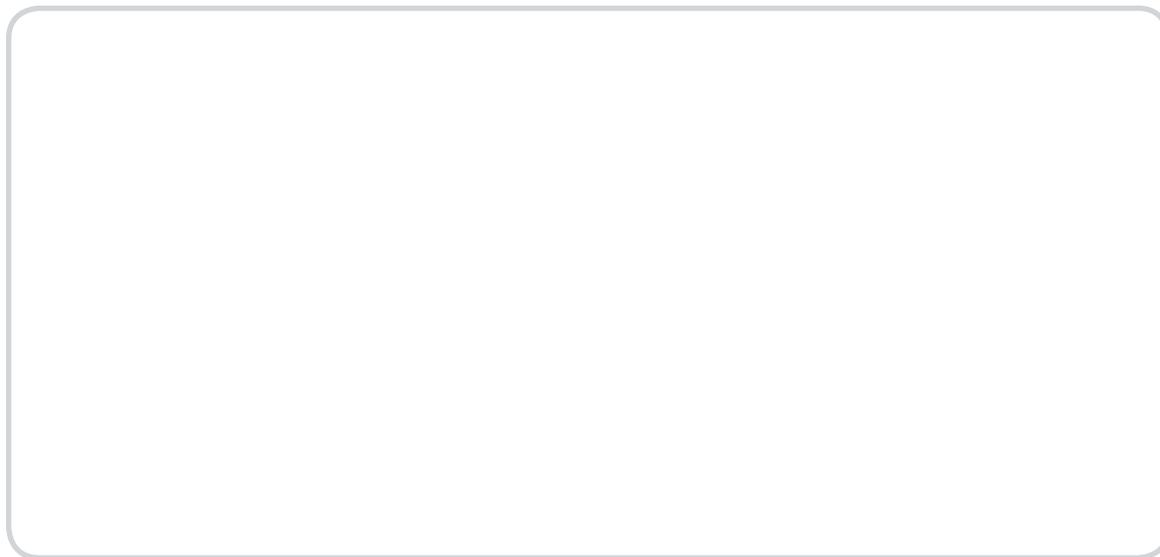


---

---

---

5. Faça um desenho que represente os íons em um cristal de NaCl.



6. Proponha uma explicação para o fato dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  se manterem unidos no cristal.

---

---

---

---

---

---



**Desafio!**

1. Procure explicar por que sólidos iônicos como, por exemplo, o cloreto de sódio não conduzem corrente elétrica.

---

---

---

---

2. Considerando o modelo de interações eletrostáticas entre íons, como você explicaria as altas temperaturas de fusão e de ebulição que os sólidos iônicos apresentam?

---



---



---



---



---



---



## LIÇÃO DE CASA



A tabela abaixo apresenta propriedades de três amostras de sólidos brancos: I, II e III. Sabendo-se que os três sólidos devem ser naftaleno ( $C_{10}H_{18}$ ), nitrato de sódio ( $NaNO_3$ ) ou ácido benzoico ( $C_7H_6O_2$ ), qual dos compostos pode ser o nitrato de sódio? Justifique. Para responder, leve em conta as propriedades indicadas na tabela.

	I	II	III
Temperatura de fusão (°C)	306	80	122
Solubilidade em água	Muito solúvel	Insolúvel	Pouco solúvel

---



---



---

### Atividade 3 – Forças de interação e as substâncias moleculares: que forças de interação mantêm as moléculas unidas?

#### Questões para a sala de aula

Considere os dados fornecidos a seguir sobre o butano (apresentados no Caderno do Aluno do volume 2).

	Estado físico a 25 °C	Temperatura de ebulição a 1 atm (°C)	Temperatura de fusão (°C)
<b>Butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)</b>	Gasoso	0,48	-135

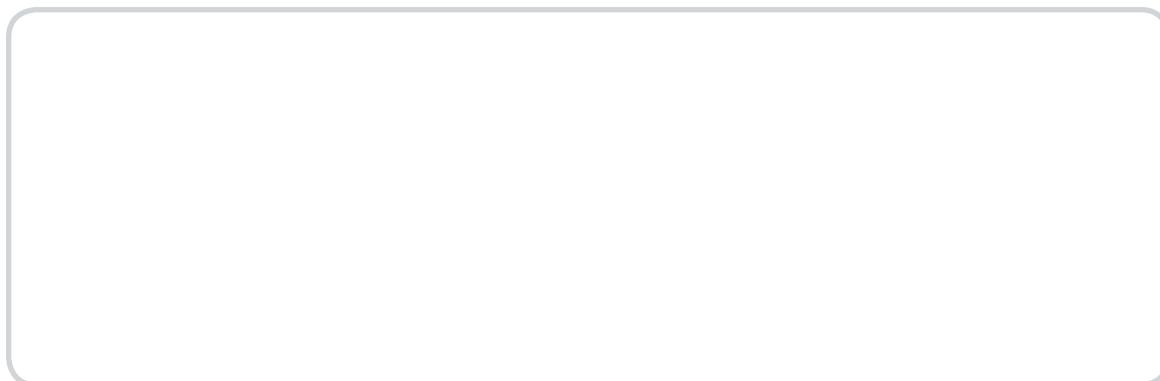
1. Levando-se em conta que os valores de eletronegatividade dos átomos de C e H são bem próximos (C = 2,5; H = 2,2), que tipo de ligação deve existir entre esses átomos no butano? Explique.

---

---

---

2. Represente, por meio de desenhos, o butano no estado gasoso e no estado líquido. Em que diferem as representações?



---

---

---

---

---

3. Proponha ideias que expliquem o que mantém as moléculas do butano mais próximas umas das outras quando este se encontra no estado líquido.

---

---

---

4. Explique, com suas palavras, o tipo de interação entre as moléculas de butano, chamado “forças de dispersão de London”.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5. Comparando a intensidade das interações intermoleculares do tipo “forças de dispersão de London” com a das interações eletrostáticas que dão origem à ligação covalente, quais devem ser mais fortes, ou seja, quais interações precisam de mais energia para ser superadas? Justifique.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Utilizando seus conhecimentos sobre as forças de interação entre as moléculas, como você explicaria o que acontece quando o butano líquido é aquecido até a ebulição?

---

---

---



7. Como estudado no Caderno do Aluno do volume 2, admite-se que a ligação entre os átomos de H e de Cl na molécula de HCl envolve uma distribuição assimétrica de elétrons, favorecendo a formação de um dipolo permanente na molécula. Levando isso em conta, que tipo de interação se poderia prever entre as moléculas de HCl? Faça um desenho que represente essas interações.

---



---



---



---



---



---

8. Considerando o valor da temperatura de ebulição do HCl ( $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), quais devem ser mais fortes: as ligações covalentes existentes entre os átomos de H e de Cl na molécula de HCl ou as interações chamadas dipolo-dipolo entre as moléculas de HCl? Justifique.

---



---



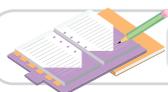
---



---



---



VOCÊ APRENDEU?



Quais são as possíveis ligações intermoleculares e as ligações interatômicas de cada uma das espécies químicas apresentadas na tabela a seguir?

Substância	Temperatura de ebulição (°C) a 1 atm	Ligações interatômicas	Ligações intermoleculares
Fluoreto de hidrogênio (HF)	19		
Cloreto de hidrogênio (HCl)	-85		
Metano (CH <sub>4</sub> )	-164		
Neônio (Ne)	-196		
Argônio (Ar)	-186		
Amônia (NH <sub>3</sub> )	-33		



### PARA SABER MAIS

1. Leia o texto que segue e considere os dados da tabela.

“[...] A gasolina comum consiste principalmente de hidrocarbonetos, alcanos de cadeia linear com sete ou oito carbonos. De um modo geral, quanto maior for o número de átomos de carbono de um alcano, maior será sua temperatura de ebulição e menor sua tendência a vaporizar-se a uma dada temperatura. Assim, as gasolinas destinadas às condições quentes do verão são formuladas com menores quantidades de alcanos, cujas moléculas são de menor tamanho e mais fáceis de vaporizar, como, por exemplo, butanos e pentanos, do que aquelas que são preparadas para climas frios [...]”

BAIRD, Colin. *Química ambiental*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002, p. 276.

Alcanos	Massa molar (g/mol)	Temperatura de ebulição a 1 atm (°C)
CH <sub>4</sub> (metano)	16	-164
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (etano)	30	-88
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (propano)	44	-42
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (butano)	58	0
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (pentano)	72	36

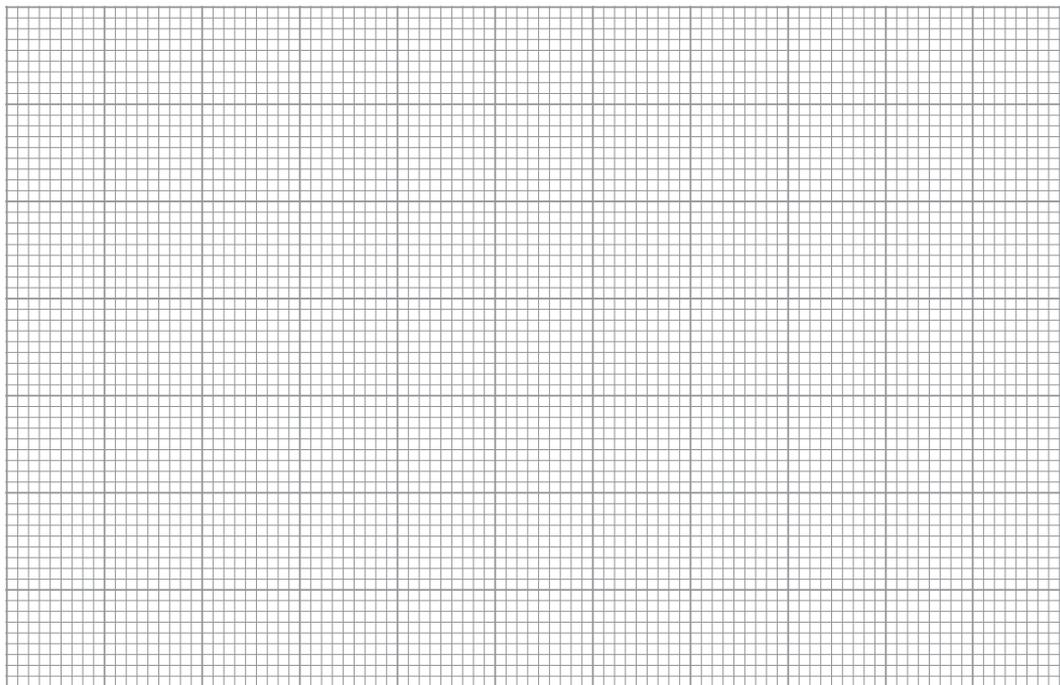
$C_6H_{14}$ (hexano)	86	69
$C_8H_{18}$ (octano)	114	126
$C_{16}H_{34}$ (hexadecano)	226	288
$C_{20}H_{42}$ (eicosano)	282	345

a) Quais dessas substâncias são gases à temperatura ambiente na pressão de 1 atm?

---

---

b) Com os dados da tabela, construa um gráfico relacionando temperaturas de ebulição e massas molares dos alcanos.



c) A curva obtida no gráfico mostra que existe uma relação de dependência entre as grandezas consideradas? Como você explica tal relação?

---

---

---

---

---

d) Procure relacionar a informação contida no texto com as respectivas temperaturas de ebulição, massas molares e estados físicos dos alcanos da tabela. Levando em conta que os alcanos são apolares, quais forças estão envolvidas na vaporização dessas substâncias?

---

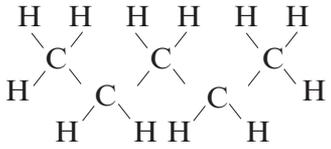
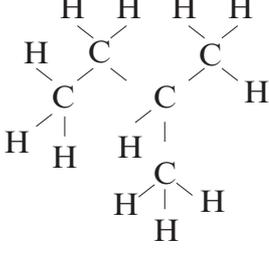
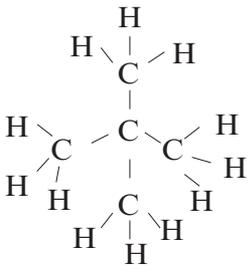
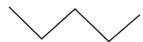
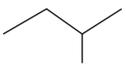
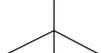


---



---

2. Os alcanos n-pentano, metilbutano e dimetilpropano apresentam a mesma fórmula molecular,  $C_5H_{12}$ , e, conseqüentemente, a mesma massa molar. São mostradas, em seguida, diferentes representações desses alcanos e suas respectivas temperaturas de ebulição. A primeira dessas representações, mais útil no momento, permite uma visão de como os átomos se ligam nas moléculas e também das interações inter e intramoleculares.

		
		
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	$CH_3 - CH_2 - \underset{\begin{array}{c}   \\ CH_3 \end{array}}{CH} - CH_3$	$\begin{array}{c} CH_3 \\   \\ CH_3 - C - CH_3 \\   \\ CH_3 \end{array}$
<p>n-pentano TE (1atm) = 36 °C</p>	<p>metilbutano TE (1atm) = 28 °C</p>	<p>dimetilpropano TE (1atm) = 9,5 °C</p>

Considerando a disposição espacial dos átomos nessas moléculas, proponha ideias sobre como os fatores estruturais podem influenciar a temperatura de ebulição e a volatilidade desses alcanos. Lembre-se de que a temperatura de ebulição é função das interações intermoleculares.

---

---

---

---

---

---

---

---

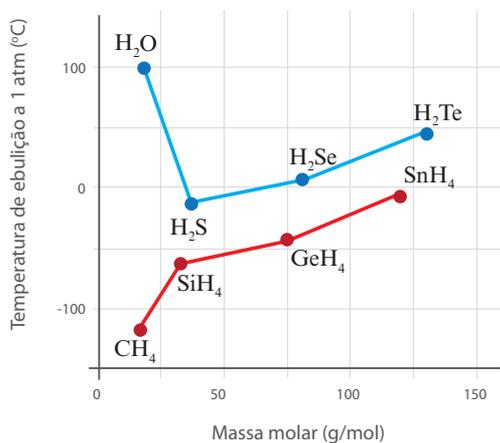
---

### Atividade 4 – Ligações de hidrogênio e as propriedades peculiares da água

Nesta atividade, considerando as interações intermoleculares, vamos procurar entender algumas das propriedades físicas que a água apresenta. Você vai precisar da tabela periódica que consta no final do Caderno para responder às questões.

#### Questões para a sala de aula

- O gráfico a seguir relaciona as temperaturas de ebulição com as massas molares de algumas substâncias formadas por hidrogênio e elementos do grupo do carbono e por hidrogênio e elementos do grupo do oxigênio.



- Localize na tabela periódica os grupos citados.
- As ligações entre os átomos que formam essas substâncias são do mesmo tipo? Justifique.

---

---

---

2. Analisando o gráfico, descreva cada uma das curvas considerando a variação da temperatura de ebulição em função da variação da massa molar das substâncias. Existe alguma regularidade?

---

---

---

---

---

3. A água, em relação à sua temperatura de ebulição, tem um comportamento semelhante ao das outras substâncias do mesmo grupo do oxigênio? Justifique.

---

---

---

---

---

4. As forças de atração entre as moléculas de  $H_2O$  são de mesma intensidade que as forças de atração entre as moléculas de  $H_2S$ , de  $H_2Se$  e de  $H_2Te$ ? Justifique.

---

---

---

---

---

5. Como você imagina a atração entre as moléculas de água? Considere as interações eletrostáticas entre suas moléculas. Que tipo de interações mantém as moléculas de água unidas?

---

---

---

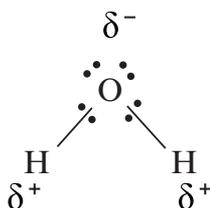
---

---

---

---

6. Faça um esquema que represente suas ideias. Lembre-se de que a água é polar, podendo ser representada pela fórmula a seguir, em que  $\delta^+$  corresponde à região de carga positiva da molécula  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\delta^-$  corresponde à região de carga negativa.



7. Utilizando a ideia de “ligação de hidrogênio”, represente a água no estado líquido e no estado sólido. Utilize suas representações para explicar o menor valor de densidade da água no estado sólido, quando comparado com o líquido, e o valor da temperatura de ebulição.



### Desafio!

Considerando seus conhecimentos sobre os modelos de ligação que explicam as propriedades de uma substância iônica e as da  $\text{H}_2\text{O}$ , proponha ideias que expliquem, em nível microscópico, a dissolução da substância iônica em água. Procure representar suas ideias com um desenho. Tome como exemplo a dissolução do  $\text{NaCl}$  em água.

---



---



---



---



---



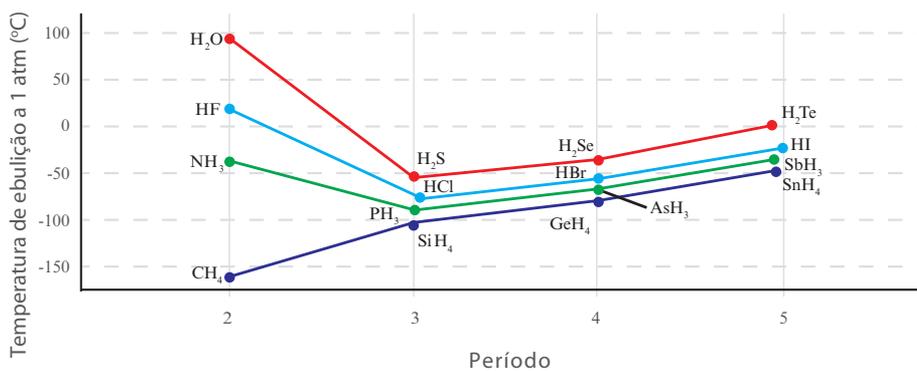
---



LIÇÃO DE CASA



1. Analise o gráfico a seguir, que contém informações sobre as temperaturas de ebulição de compostos de hidrogênio com elementos dos grupos 15 (do nitrogênio) e 17 (dos halogênios) da tabela periódica.



- a) Descreva o que você observa em relação às temperaturas de ebulição desses compostos.

---



---



---



---



---



---

- b) Como explicar as temperaturas de ebulição tão diferentes do HF e do  $\text{NH}_3$ ? O modelo de ligações de hidrogênio que explica o comportamento da  $\text{H}_2\text{O}$  em relação à temperatura de ebulição seria útil, também, para explicar as temperaturas de ebulição do HF e do  $\text{NH}_3$ ? Represente com um desenho como as moléculas de HF e de  $\text{NH}_3$  se manteriam unidas segundo esse modelo.



2. Como já foi discutido, o ciclo hidrológico é de grande importância para o planeta, pois é um meio de transporte de água e de energia. Explique, em nível microscópico, as transformações envolvidas nesse ciclo.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## APRENDENDO A APRENDER

### Forças de interação

Faça uma previsão do tipo de interação que poderia ocorrer entre as moléculas de substâncias que fazem parte de seu dia a dia, como, por exemplo, o etanol, o ácido acético, o propano (presente no GLP – gás liquefeito de petróleo), o gás nitrogênio e o gás oxigênio (componentes do ar atmosférico).

### Forças intermoleculares e solubilidade

Você explicou, com os conhecimentos adquiridos, a solubilidade do cloreto de sódio, um composto iônico, em água, considerando as interações entre os íons e as moléculas de água. Como explicar, em nível microscópico, que algumas substâncias formadas por ligações covalentes se dissolvem em água enquanto outras não?

**Questões para a sala de aula**

A tabela a seguir apresenta a solubilidade de várias substâncias em água e em hexano à temperatura ambiente (25 °C). Considere as informações nela contidas e seus próprios conhecimentos para responder às questões apresentadas.

Substância	Solubilidade em água	Solubilidade em hexano (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )
Metanol (CH <sub>3</sub> OH)	Solúvel em qualquer proporção	Pouco solúvel
Etanol (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	Solúvel em qualquer proporção	Pouco solúvel
Butanol (C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH)	Pouco solúvel	Solúvel
Pentano (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	Praticamente insolúvel	Solúvel
Gasolina (mistura de hidrocarbonetos)	Praticamente insolúvel	Solúvel

1. Faça uma síntese do que você aprendeu sobre as interações entre moléculas polares e a água, que podem explicar a dissolução dessas moléculas em maior ou menor grau na água.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

2. Faça uma síntese do que você aprendeu sobre as possíveis explicações para a solubilidade de substâncias apolares em água e em outras substâncias polares.

---



---



---



---



---



---

3. Como você explicaria, em termos das interações intermoleculares, o fato de o etanol ser pouco solúvel em hexano (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>)?

---



---



---



---



---

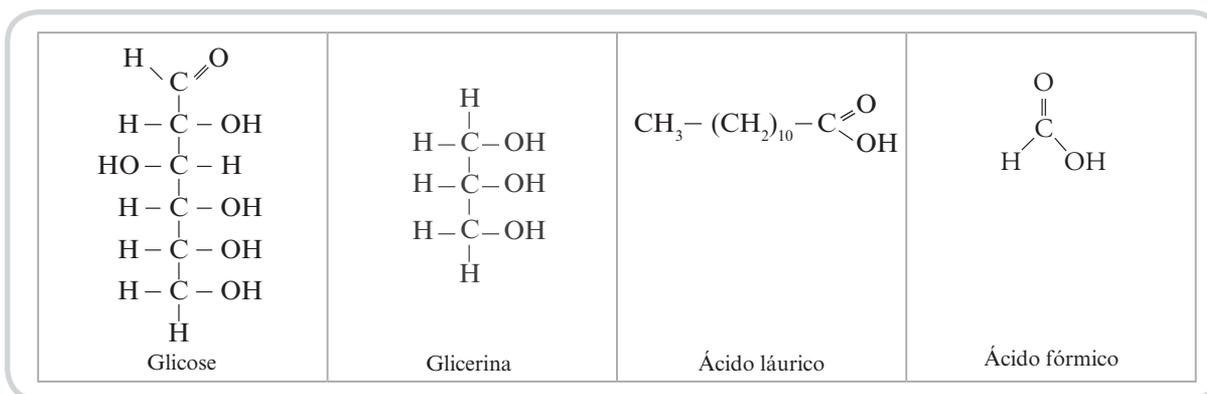


LIÇÃO DE CASA



Faça previsões a respeito da solubilidade em água das seguintes substâncias: glicose, glicerina, ácido láurico e ácido fórmico (componente do óleo de coco).

Explique suas previsões utilizando ideias sobre intervenções intermoleculares.




---



---



---



---



---



---



---



---



## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 FORÇAS DE INTERAÇÃO ENTRE PARTÍCULAS E SUBSTÂNCIAS MACROMOLECULARES



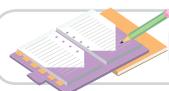
### PESQUISA INDIVIDUAL

#### Conhecendo as propriedades e a estrutura de outros materiais

Segundo a orientação de seu professor, selecione um dos materiais sugeridos para estudo e faça uma pesquisa sobre suas propriedades e sua estrutura molecular.

#### Roteiro de trabalho

- Busca de informações sobre composição química, estrutura, propriedades físicas, usos que a sociedade faz, fontes de obtenção, aspectos econômicos e impactos ambientais relativos à produção ou extração desses materiais.
- Elaboração de um texto-síntese da pesquisa realizada, citando as fontes consultadas.
- Elaboração de um painel para ser exposto na classe ou de um breve seminário para apresentar aos colegas, conforme a orientação do seu professor.



#### VOCÊ APRENDEU?



Levando em consideração o que você aprendeu sobre as ligações químicas e as interações entre as partículas, elabore um quadro, de acordo com as orientações de seu professor, relacionando as interações entre os átomos que resultam na ligação química e as interações intermoleculares ou entre íons na formação de substâncias.



### SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3

## A PRESSÃO ATMOSFÉRICA E SUA INFLUÊNCIA NA TEMPERATURA DE EBULIÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS

A variação da temperatura de ebulição de uma substância com a pressão atmosférica também pode ser objeto de reflexão sobre alguns dos modelos explicativos apresentados neste Caderno, e seu estudo amplia a compreensão do mundo físico, possibilitando o entendimento de mais um fenômeno natural, bem como a aplicação desse conhecimento no sistema produtivo. Vamos estudar como a pressão altera as temperaturas de ebulição.

### Pressão atmosférica × altitude

#### Questões para a sala de aula

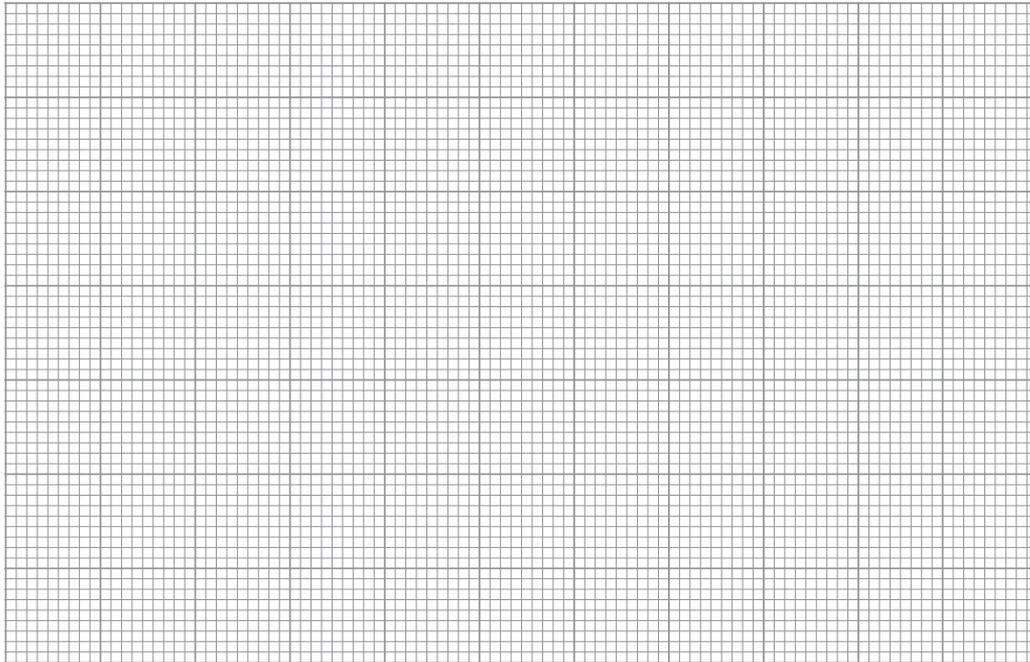
1. Analisando a tabela apresentada a seguir, estabeleça uma relação entre a pressão atmosférica, a altitude e as temperaturas de ebulição da água. Se achar conveniente, ou se seu professor sugerir, construa um gráfico da altitude em função da pressão atmosférica e outro que relacione a pressão atmosférica com a temperatura de ebulição.

Localidade	Altitude em relação ao nível do mar (m)	Pressão atmosférica* (mmHg)	Temperatura aproximada de ebulição da água (°C)
Rio de Janeiro	0	760	100
Santos	0	760	100
São Paulo	750	700	97
Campos do Jordão	1 628	610	95
Cidade do México	2 240	570	92
La Paz	3 636	510	88
Monte Quilimanjaro	5 895	400	82
Monte Everest	8 848	230	70

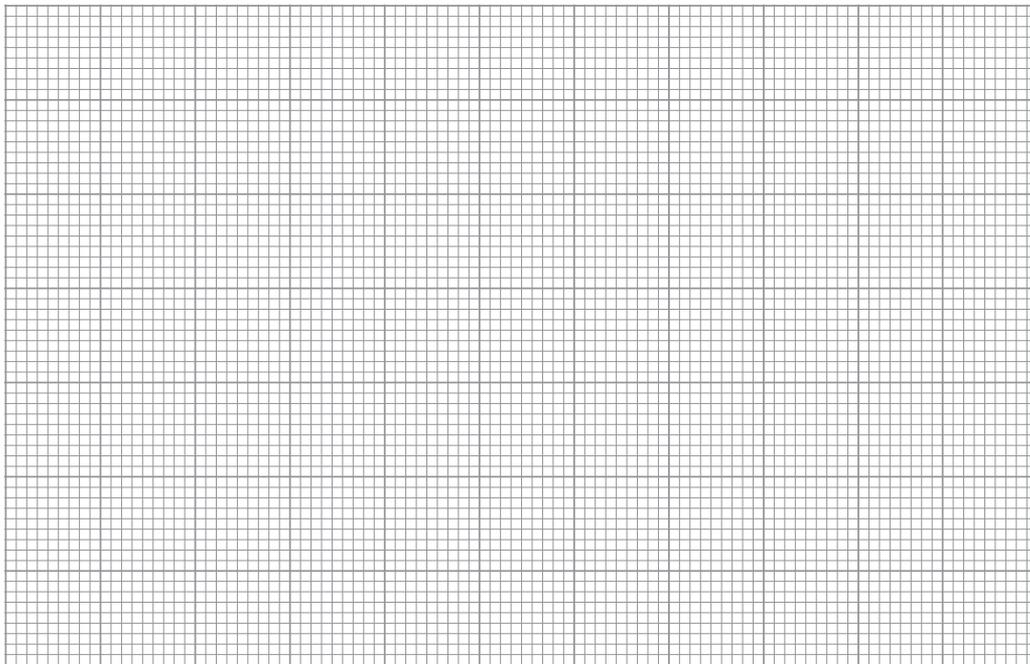
\* Valores aproximados

Pressão atmosférica × altitude. CHEMELLO, Emiliano. *Ebulimetria e café: alguma coisa a ver?* Disponível em: <[http://hermes.ucs.br/ccet/defq/naeq/material\\_didatico/textos\\_interativos\\_30.htm](http://hermes.ucs.br/ccet/defq/naeq/material_didatico/textos_interativos_30.htm)>. Acesso em: 16 abr. 2010.

**Gráfico 1**



**Gráfico 2**



2. Procure localizar em mapas as cidades e os montes citados e compare os valores da pressão (P) e da temperatura de ebulição (TE) em função da altitude.

3. Explique, com suas palavras, o significado de pressão de vapor.

---



---



---

4. Explique, com base em seus conhecimentos, o fato de um líquido entrar em ebulição a uma dada temperatura e a uma dada pressão atmosférica.

---



---



---



LIÇÃO DE CASA



1. Considere dois frascos iguais contendo quantidades iguais dos líquidos água e álcool etílico (etanol) e os valores de pressão máxima de vapor desses líquidos à mesma temperatura (20 °C).

	Pressão máxima de vapor a 20 °C
Álcool etílico (etanol)	44,0 mmHg
Água	18,0 mmHg

Explique por que o álcool etílico (etanol) é mais volátil do que a água.

---

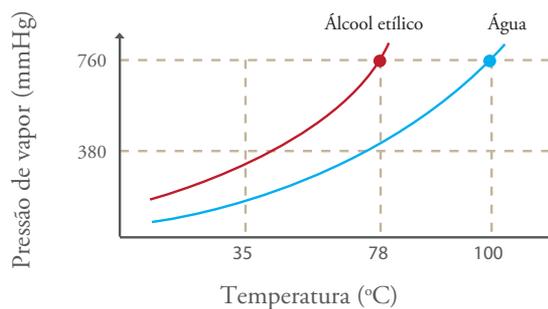


---



---

2. O gráfico a seguir mostra a variação da pressão de vapor com a temperatura para os dois líquidos: água e álcool etílico.



a) Descreva as informações que podem ser extraídas a partir da análise desse gráfico.

---



---



---



---

b) O gráfico mostra que o etanol entra em ebulição a 78 °C à pressão externa de 760 mmHg. Observando o gráfico, procure relacionar pressão de vapor do líquido com temperatura de ebulição e pressão atmosférica, explicando por que o álcool etílico entra em ebulição quando aquecido a 78 °C. Suas explicações podem ser aplicadas a outros líquidos?

---



---



---



---



---



---



### PARA SABER MAIS

São fornecidos, a seguir, os valores das temperaturas de ebulição e os tipos de forças interpartículas do dimetilpropano e do etanol (álcool etílico).

$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3 \\  \text{Dimetilpropano}  \end{array}  $	<p>Temperatura de ebulição (760 mmHg): 9,5 °C. As atrações entre as moléculas são fracas (a molécula é apolar).</p>
$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{H} \\    \quad   \\  \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\    \quad   \\  \text{H} \quad \text{H} \\  \text{Etanol}  \end{array}  $	<p>Temperatura de ebulição (760 mmHg): 78,5 °C. As atrações entre as moléculas se dão por ligações de hidrogênio (presença do grupo OH).</p>

a) As forças intermoleculares entre as moléculas do dimetilpropano e do etanol explicam a ordem de grandeza das suas temperaturas de ebulição? Justifique.

---



---



---



---

b) Qual das duas substâncias é mais volátil? Justifique.

---



---



---



---



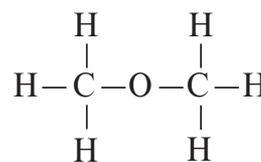
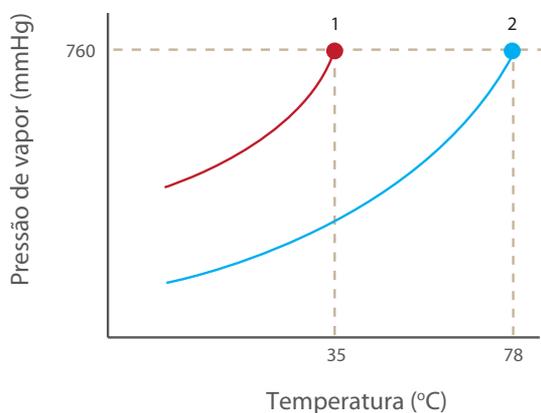
---



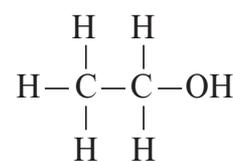
LIÇÃO DE CASA



1. A figura a seguir apresenta a variação da pressão de vapor com a temperatura para o etanol e para o éter dimetílico, líquidos à temperatura ambiente. Ambos têm a mesma composição química,  $C_2H_6O$ , porém apresentam arranjos moleculares diferentes. Considere as interações que podem ocorrer entre as moléculas de cada uma dessas substâncias e decida qual curva representa o éter dimetílico. Explique.



Éter dimetílico



Etanol

2. Em qual das cidades relacionadas na tabela a seguir a água vai ferver em temperatura mais baixa? Explique.

Cidade	Altitude (m)*
São Carlos	854
Piracicaba	526
Cananeia	8
Ouro Verde	350

\* A altitude é medida em relação ao nível do mar (altitude zero).

3. Verifique a altitude de sua cidade e calcule a temperatura em que a água entrará em ebulição.

4. A pressão de vapor da acetona, substância utilizada na indústria como solvente de esmaltes, vernizes e tintas, é de 185 mmHg a 20 °C.

a) Comparando com a pressão de vapor da água nessa temperatura (18 mmHg), qual dos dois líquidos é mais volátil (tem mais facilidade de evaporar)? Explique.

b) Qual dos dois líquidos você espera que apresente maior temperatura de ebulição à mesma pressão?

c) Você considera que as forças com que as moléculas de acetona se atraem devem ser mais ou menos intensas do que as forças de atração entre as moléculas da água? Explique.

---



---



---



### Desafio!

Leia o texto a seguir e responda às questões.

Glicerol (glicerina)			
Fórmula estrutural <pre>           H                     H-C-OH                     H-C-OH                     H-C-OH                       H           </pre>	Fórmula molecular: $C_3H_8O_3$	Estado líquido à temperatura de 25 °C a 1 atm* (PF: 18,1 °C)	Temperatura de ebulição a: 760 mmHg → 290 °C 100 mmHg → 222,4 °C 10 mmHg → 166,1 °C 4 mmHg → 14,9 °C
Glicerina		* 1 atm $\cong$ 760 mmHg	
As interações intermoleculares se dão por ligações de hidrogênio.			

“O glicerol é normalmente utilizado na preparação de diversos produtos, como remédios, produtos de higiene pessoal, comida, bebida, tabaco, resinas alquídicas, poliálcool poliéster, celofane e explosivos. Todavia, seu uso é condicionado ao seu grau de pureza, que deve estar usualmente acima de 95%. Além disso, a glicerina bruta é cotada a R\$ 1,40/kg, a bidestilada a R\$ 3,65/kg, enquanto a glicerina farmacêutica ( $\geq 99,5\%$ ) é vendida a valores acima de R\$ 564,00/kg.

A glicerina bruta vegetal apresenta cerca de 30% de impureza, o que evidencia a necessidade de purificá-la a fim de viabilizar seu emprego no setor industrial. As principais impurezas presentes na glicerina oriunda do biodiesel são: catalisador, álcool e ácidos graxos. Essas impurezas dependem da natureza da oleaginosa e do tipo de catálise empregada na preparação do biodiesel.

A purificação da glicerina bruta é feita por destilação sob pressão reduzida (60 mmHg), resultando em um produto límpido e transparente, denominado comercialmente de glicerina destilada ou bidestilada.”

*Glicerol.* Texto adaptado de: ÁVILA FILHO, Salvador; MACHADO, Alexandre dos Santos; SANTOS, Eduardo Pena. Purificação da glicerina bruta vegetal. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/Co-Produtos/Purificacao4.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2010.

1. Qual é a vantagem para a indústria em reduzir a pressão do sistema para fazer a destilação da glicerina?

---

---

---

---

2. Faça uma estimativa da temperatura de ebulição da glicerina à pressão em que é destilada (60 mmHg). Para isso, sugere-se a construção de um gráfico com os dados fornecidos no início do texto.



3. Busque informações sobre a destilação à pressão reduzida.

---

---

---

---

---

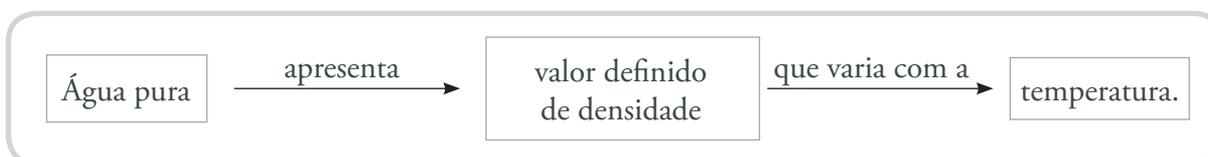
---



## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4

### SÍNTESE DE IDEIAS SOBRE A TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA

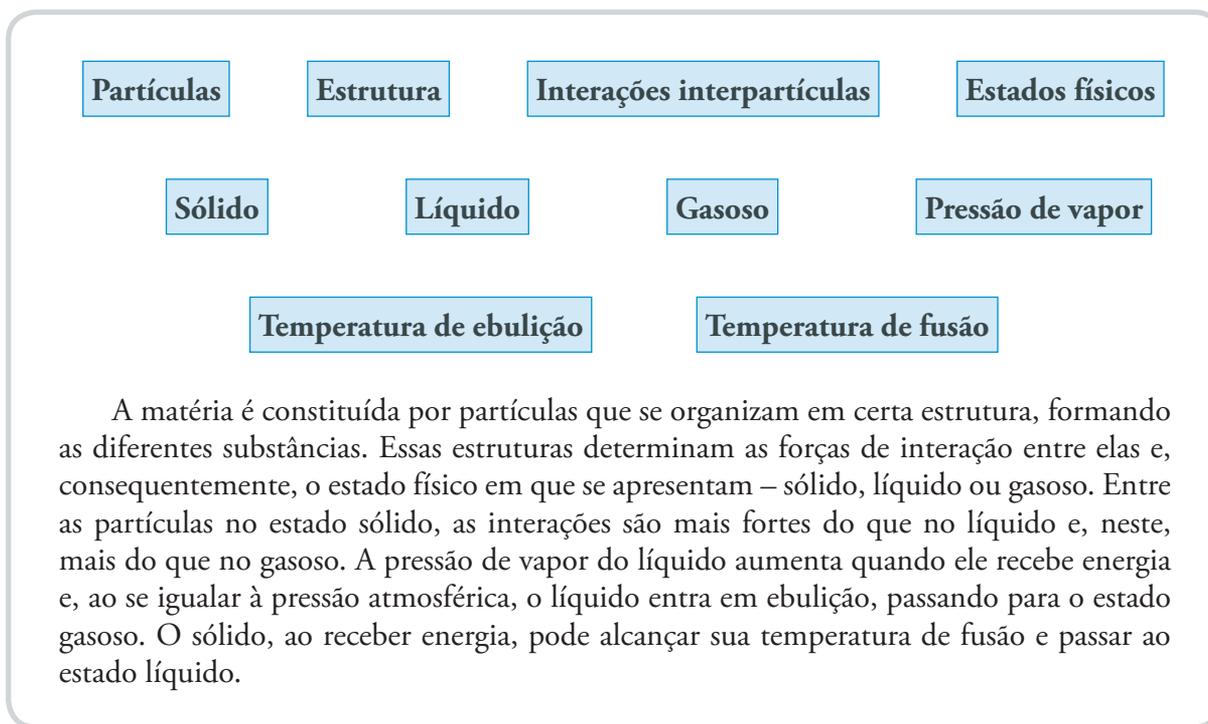
Podemos evidenciar relações entre ideias e conceitos utilizando algum tipo de representação gráfica. Por exemplo, sabemos que a água pura apresenta um valor característico de densidade que depende da temperatura em que se encontra. É possível mostrar essas relações por meio de um diagrama como o apresentado a seguir.



Podemos representar de maneira análoga a esta, ou de outra forma, relações entre os conceitos aprendidos neste Caderno. Uma vantagem dessa representação é tornar evidentes as possíveis relações que conseguimos estabelecer entre os vários conhecimentos que já possuímos.

#### Questão para a sala de aula

Apresenta-se, a seguir, um conjunto de palavras que têm significados específicos na Química, os quais você já aprendeu. Apresenta-se, também, um texto que aponta algumas das relações entre essas palavras. Leia o texto e construa em seu caderno um diagrama que represente tais relações.



A matéria é constituída por partículas que se organizam em certa estrutura, formando as diferentes substâncias. Essas estruturas determinam as forças de interação entre elas e, conseqüentemente, o estado físico em que se apresentam – sólido, líquido ou gasoso. Entre as partículas no estado sólido, as interações são mais fortes do que no líquido e, neste, mais do que no gasoso. A pressão de vapor do líquido aumenta quando ele recebe energia e, ao se igualar à pressão atmosférica, o líquido entra em ebulição, passando para o estado gasoso. O sólido, ao receber energia, pode alcançar sua temperatura de fusão e passar ao estado líquido.



## LIÇÃO DE CASA



Considere o conjunto de palavras mostrado a seguir, que se refere a ideias sobre a transformação química. De acordo com a orientação de seu professor, elabore um diagrama que evidencie como tais palavras estão relacionadas.

Transformações químicas

Reagentes

Rearranjos de átomos

Conservação da massa

Novas substâncias (produtos)

Proporção entre as massas

Evidências

Equações químicas

Quebra e formação de ligações

Fórmulas químicas

Propriedades características



## VOCÊ APRENDEU?



1. (Enem – 1999) A panela de pressão permite que os alimentos sejam cozidos em água muito mais rapidamente do que em panelas convencionais. Sua tampa possui uma borracha de vedação que não deixa o vapor escapar, a não ser através de um orifício central sobre o qual assenta um peso que controla a pressão. Quando em uso, desenvolve-se uma pressão elevada no seu interior. Para a sua operação segura, é necessário observar a limpeza do orifício central e a existência de uma válvula de segurança, normalmente situada na tampa. O esquema da panela de pressão e um diagrama de fase da água são apresentados a seguir.

© Claudio Ripinski

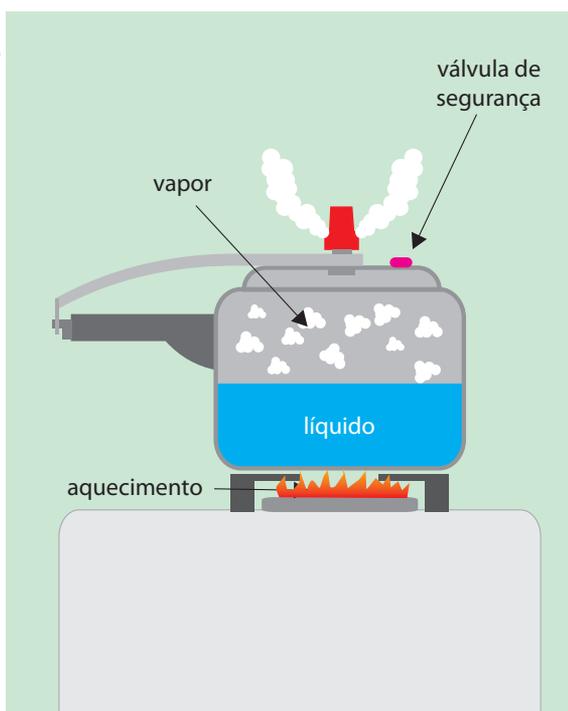
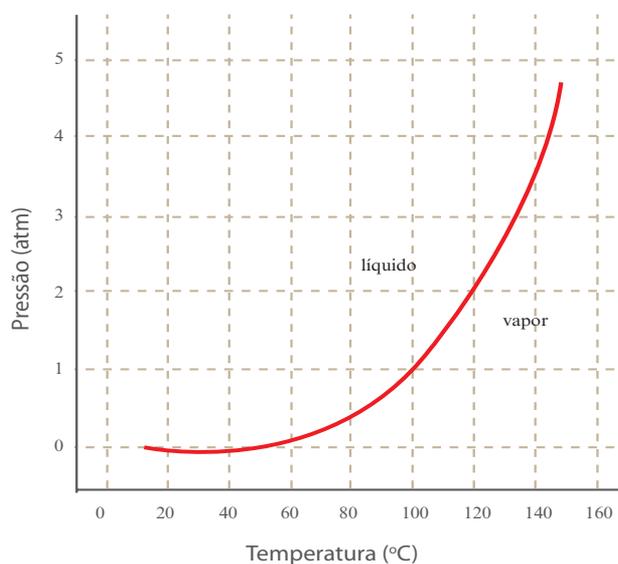


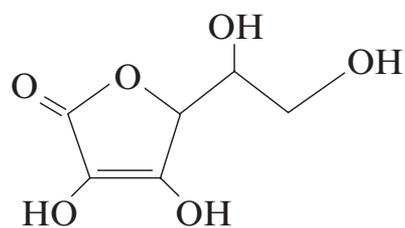
Diagrama de fase da água



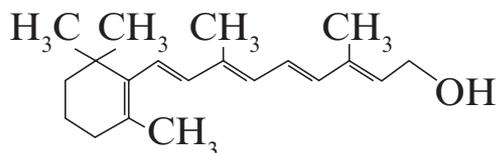
A vantagem do uso de panela de pressão é a rapidez para o cozimento de alimentos, e isso se deve:

- a) à pressão no seu interior, que é igual à pressão externa;
  - b) à temperatura de seu interior, que está acima da temperatura de ebulição da água no local;
  - c) à quantidade de calor adicional que é transferida à panela;
  - d) à quantidade de vapor que está sendo liberada pela válvula;
  - e) à espessura da sua parede, que é maior que a das panelas comuns.
2. (Fuvest – 2002) Alguns alimentos são enriquecidos pela adição de vitaminas, que podem ser solúveis em gordura ou em água. As vitaminas solúveis em gordura possuem uma estrutura

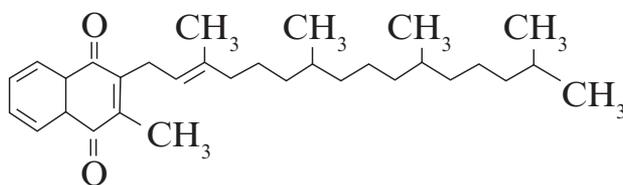
molecular com poucos átomos de oxigênio, semelhante à de um hidrocarboneto de longa cadeia, predominando o caráter apolar. Já as vitaminas solúveis em água têm estrutura com alta proporção de átomos eletronegativos, como o oxigênio e o nitrogênio, que promovem forte interação com a água. Abaixo estão representadas quatro vitaminas:



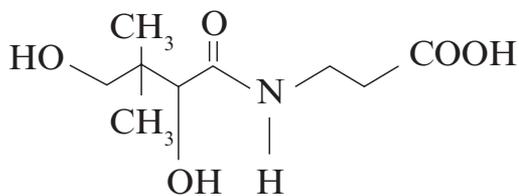
(I)



(II)



(III)

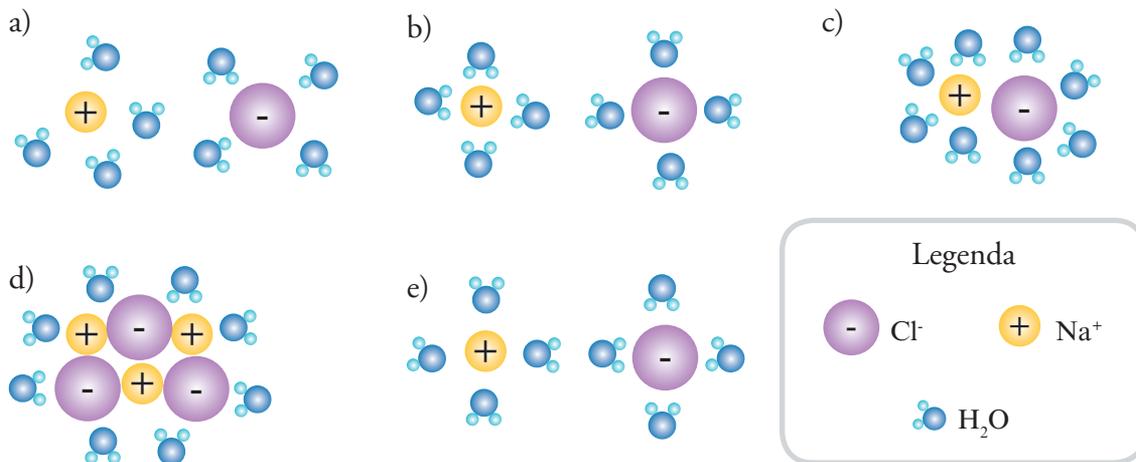


(IV)

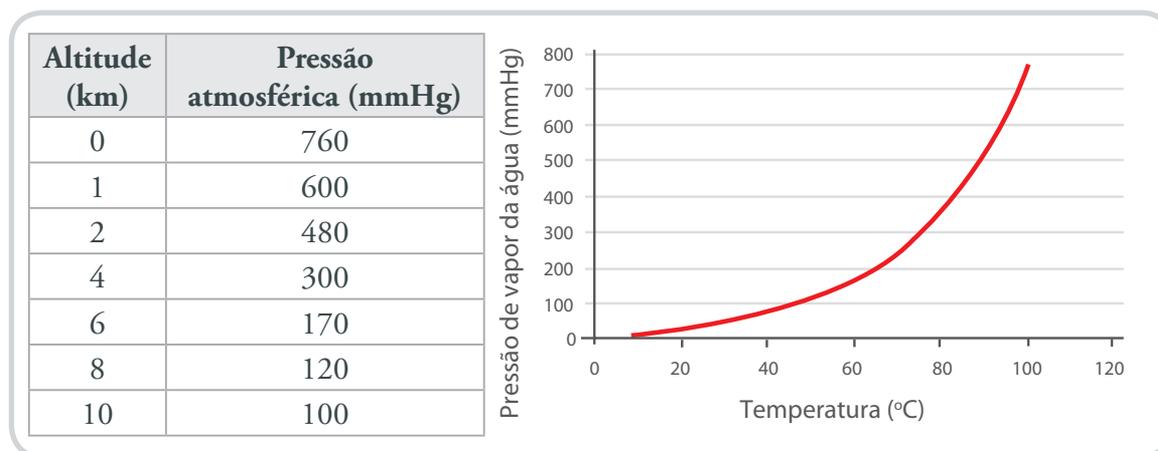
Dentre elas, é adequado adicionar, respectivamente, a sucos de frutas puros e a margarinas, as seguintes:

- a) I e IV;
- b) II e III;
- c) III e IV;
- d) III e I;
- e) IV e II.

3. (Fuvest – 2001) Entre as figuras, a que melhor representa a distribuição das partículas de soluto e de solvente, numa solução aquosa diluída de cloreto de sódio, é:



4. Para que um líquido entre em ebulição, estando em um frasco aberto, a sua pressão de vapor tem de se igualar à pressão atmosférica local. Sabemos que a pressão atmosférica em uma dada localidade varia com a altitude em relação ao nível do mar em que essa localidade se encontra. O gráfico a seguir apresenta a variação de pressão de vapor da água em função da temperatura e a tabela mostra a variação de pressão atmosférica com a altitude.



Analisando esses dados, um estudante considerou que a água entra em ebulição a uma temperatura maior no Pico da Neblina do que em Campos do Jordão, enquanto outro considerou que a água entra em ebulição a uma temperatura maior em Natal do que em Campos do Jordão. Algum dos estudantes está correto?

Localidade	Altitude
Natal (RN)	Nível do mar
Campos do Jordão (SP)	1 628 m
Pico da Neblina (RR)	3 014 m

---

---

---

---

---

---

---

5. (Vestibular Unesp – 2005) S1, S2 e S3 são três substâncias distintas. Inicialmente, no estado sólido, foram aquecidas independentemente até a fusão completa enquanto se determinavam suas condutibilidades elétricas. Os resultados das observações estão resumidos na tabela.

Comportamento quanto à condutibilidade elétrica		
Substância	Estado sólido	Estado líquido
S1	condutor	condutor
S2	isolante	isolante
S3	isolante	condutor

S1, S2 e S3 correspondem, respectivamente, a compostos:

- a) metálico, covalente e iônico;
  - b) metálico, iônico e covalente;
  - c) covalente, iônico e metálico;
  - d) iônico, metálico e covalente;
  - e) iônico, covalente e metálico.
6. Justifique a resposta da questão anterior.

---

---

---

---

---

---

---



## PARA SABER MAIS

- CURI, D. Polímeros e interações intermoleculares. *Química Nova na Escola*, n. 23, maio 2006, p. 19-22. Este artigo aborda o conceito de interações intermoleculares – interações de Van der Waals, interação dipolo-dipolo, ligação de hidrogênio, interação molécula-íon – apresentando uma possibilidade de trabalhar esse conceito por meio de experimentos simples, empregando-se materiais poliméricos como papel, sacola de plástico, gel para plantas e fraldas descartáveis.
- LABVIRT – SIMULAÇÕES. Disponível em: <<http://www.labvirt.fe.usp.br>>. Acesso em: 15 maio 2009. Há várias simulações, feitas por estudantes, sobre a estrutura da matéria, ligações químicas e interações intermoleculares.

## Tabela periódica

© Claudio Ripinskas

1																		18																																																																																																																																																																																																					
1A																		8A																																																																																																																																																																																																					
Metais																		Não metais																		Gases nobres																																																																																																																																																																																			
1																		2																		13																		14																		15																		16																		17																		18																																																																																									
1H																		2He																		3A																		4A																		5A																		6A																		7A																		8A																																																																																									
Hidrogênio																		Hélio																		Boro																		Carbono																		Nitrogênio																		Oxigênio																		Fluor																		Neônio																																																																																									
3Li																		4Be																		5B																		6C																		7N																		8O																		9F																		10Ne																																																																																									
Lítio																		Berílio																		Alumínio																		Silício																		Fósforo																		Enxofre																		Cloro																		Argônio																																																																																									
11Na																		12Mg																		13Al																		14Si																		15P																		16S																		17Cl																		18Ar																																																																																									
Sódio																		Magnésio																		Alumínio																		Silício																		Fósforo																		Enxofre																		Cloro																		Argônio																																																																																									
3																		4																		5																		6																		7																		8																		9																		10																		11																		12																																																					
3B																		4B																		5B																		6B																		7B																		8B																		1B																		2B																																																																																									
19K																		20Ca																		21Sc																		22Ti																		23V																		24Cr																		25Mn																		26Fe																		27Co																		28Ni																		29Cu																		30Zn																	
Potássio																		Cálcio																		Escândio																		Titânio																		Vanádio																		Cromio																		Manganês																		Ferro																		Cobalto																		Níquel																		Cobre																		Zinco																	
37Rb																		38Sr																		39Y																		40Zr																		41Nb																		42Mo																		43Tc																		44Ru																		45Rh																		46Pd																		47Ag																		48Cd																	
Rubídio																		Estrôncio																		Ítrio																		Zircônio																		Níbio																		Molibdênio																		Técnicio																		Rutênio																		Ródio																		Paládio																		Prata																		Cádmio																	
132.91																		137.33																		Série dos Lantanídeos																		178.49(2)																		1180.95																		183.84																		186.21																		190.23(3)																		192.22																		195.08(3)																		196.97																		200.59(2)																	
Césio																		Bário																		Série dos Lantanídeos																		Háfnio																		Tântalo																		Tungstênio																		Rênio																		Ósmio																		Iridio																		Platina																		Ouro																		Mercúrio																	
55																		56																		Série dos Lantanídeos																		72																		73																		74																		75																		76																		77																		78																		79																		80																	
Frâncio																		Rádio																		Série dos Actinídeos																		104Rf																		105Db																		106Sg																		107Bh																		108Hs																		109Mt																		110Ds																		111Rg																		112Cn																	
87																		88																		Série dos Actinídeos																		104																		105																		106																		107																		108																		109																		110																		111																		112																	
Frâncio																		Rádio																		Série dos Actinídeos																		Rutherfordio																		Dúbnio																		Seabórgio																		Bório																		Hássio																		Meitnério																		Darmstádio																		Roentgênio																		Copernício																	

Massa atômica

☐ Símbolo

Nº atômico

Nome do elemento

Elétrons nas camadas

### Série dos Lantanídeos

57	La	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu
	Lantânio		Cério		Praseodímio		Neodímio		Promécio		Samário		Európio		Gadolínio		Térbio		Disprósio		Hólmio		Érbio		Túlio		Íterbio		Lutécio

### Série dos Actinídeos

89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Mc	102	No	103	Lr
	Actínio		Tório		Protactínio		Urânio		Netúnio		Plutônio		Americío		Cúrio		Berquélio		Califórnio		Einstênio		Férmio		Mendelevio		Nobelio		Laurêncio