

# O comportamento físico dos gases

STUART WESTMORLAND/CORBIS/LATINSTOCK

Os balões de ar quente tripulados são uma das muitas interessantes aplicações dos princípios científicos que regem o comportamento físico dos gases. Namíbia, 2002.

## Alguns conteúdos importantes:

- ✓ Variáveis de estado
- ✓ Lei de Boyle
- ✓ Leis de Charles e Gay-Lussac
- ✓ Escala kelvin de temperatura
- ✓ Gás real e gás ideal
- ✓ Princípio de Avogadro
- ✓ Lei do Gás Ideal
- ✓ Misturas gasosas: pressão parcial e volume parcial
- ✓ Densidade de gases



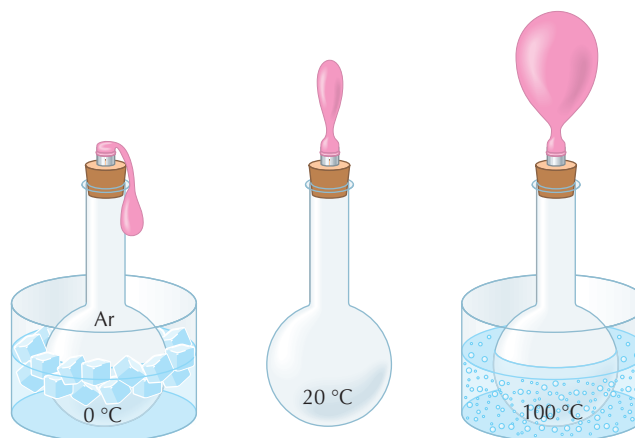
## O que você pensa a respeito?



Sondagem de concepções prévias

Na lista abaixo estão relacionados alguns termos e conceitos. Indique no seu caderno aqueles que você julga que estejam relacionados à imagem e justifique sua escolha. Discuta com seus colegas e apresente as conclusões ao professor.

- pressão
- temperatura
- gás
- absorção de calor
- volume
- densidade constante



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

## O Pare e situe-se!

Texto introdutório ao capítulo

Neste capítulo vamos conhecer algumas propriedades do estado gasoso.

O estudo dos gases proporciona excelentes exemplos de aplicação do método científico, ilustrando como a observação das regularidades da natureza por meio de experiências de laboratório conduz às leis e como estas podem, por sua vez, ser explicadas por meio de teorias e de modelos microscópicos.

Você vai conhecer leis que permitem prever o comportamento dos gases diante das mudanças de pressão, de volume e de temperatura.

Entre essas leis está a **Lei do Gás Ideal**, que, por meio de um curto enunciado matemático, resume a relação entre a pressão, o volume, a temperatura e a quantidade, em mols, de uma amostra gasosa.

Você também conhecerá uma importante ideia desenvolvida pelo italiano Amedeo Avogadro, denominada **Princípio de Avogadro**, que abriu caminho para grandes progressos na Química e conduziu, entre outras coisas, à possibilidade de determinar a Constante de Avogadro (que, apesar de não ter sido determinada por esse cientista, tem esse nome em homenagem a ele).

Tendo estudado o capítulo, espera-se que você seja capaz de justificar alguns fatos interessantes envolvendo o estado gasoso da matéria, como por exemplo:

- por que em dias quentes é mais fácil um pneu velho e desgastado estourar do que em dias frios;
- o que mantém um balão no alto, seja ele um balão de ar quente ou um balão preenchido com hélio ou hidrogênio;
- por que a fumaça sobe;
- por que uma bexiga de gás pode estourar com maior facilidade quando sobe na atmosfera.

## 1 Considerações iniciais

### 1.1 Substâncias gasosas nas condições ambientes são moleculares

As substâncias podem ser fundamentalmente de três tipos: iônicas, moleculares ou metálicas, como vimos anteriormente. Nas condições ambientes, as substâncias iônicas e as metálicas (exceto o mercúrio) são sólidas. Porém, entre as substâncias moleculares, encontramos as que são sólidas, as que são líquidas e as que são gasosas nas condições ambientes.

Assim, se uma determinada substância é gasosa nas condições ambientes, podemos deduzir que ela é formada por moléculas (isso inclui os gases nobres, cujas moléculas são formadas por apenas um átomo).

No estado gasoso, as moléculas encontram-se muito mais separadas umas das outras do que nos estados líquido e sólido. Isso ocorre porque a coesão entre as moléculas no estado gasoso é muito pequena. Essa é a explicação científica para o fato de uma mesma massa de uma substância molecular ocupar um volume muitíssimo maior no estado gasoso do que nos estados líquido e sólido.

#### MOLÉCULAS A 350 m/s!

Considere o gás oxigênio,  $O_2$ , a 25 °C e pressão igual à da atmosfera ao nível do mar. Evidências científicas indicam que a distância média entre as moléculas é aproximadamente quinze vezes o tamanho da molécula. As moléculas movimentam-se com velocidades da ordem de 350 m/s e colidem com outras a cada  $10^{-9}$  s, em média. Entre duas colisões sucessivas, uma molécula percorre, em linha reta, algo entre cem e mil vezes o seu tamanho.



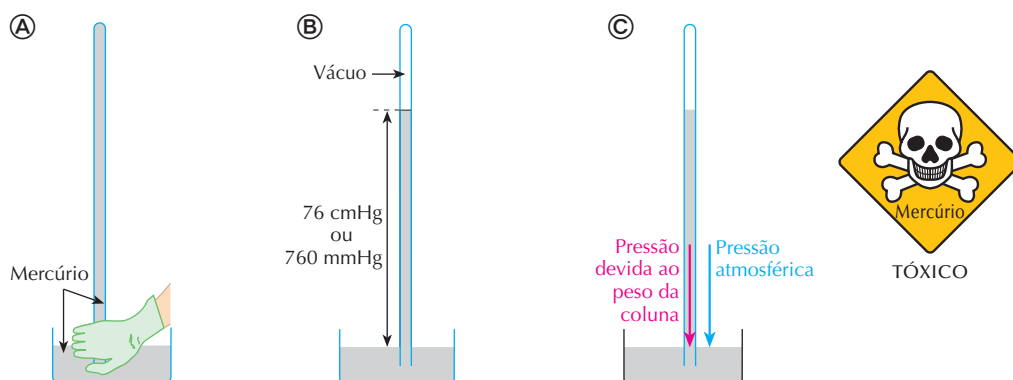
▲ Apenas para comparar, se uma molécula do gás mencionado no texto deste quadro fosse do tamanho de uma bola de tênis com 6,5 cm de diâmetro, estaria em média a 1 m de distância das vizinhas e percorreria de 6,5 m a 65 m antes de colidir com outra.

## 1.2 A experiência de Torricelli e a unidade de pressão mmHg

Em 1643, o matemático e físico italiano Evangelista Torricelli realizou a seguinte experiência: encheu um tubo de vidro (com cerca de 1 m de comprimento) com mercúrio, tapou sua extremidade com o dedo (figura A) e a destapou dentro de uma tigela também contendo mercúrio. Notou que o mercúrio começou a descer, até se estabilizar, como mostra a figura B, que se refere ao experimento feito em local **ao nível do mar**.

O que fez o mercúrio descer? A resposta é simples: foi seu próprio peso. Por que ele chega a um ponto em que para de descer? No momento em que a coluna de mercúrio se estabiliza, atinge-se uma situação de equilíbrio entre a pressão decorrente do peso da coluna, que força o mercúrio a sair do tubo, e a **pressão atmosférica**, que o força a entrar, como ilustra a figura C.

Por meio dessa experiência, Torricelli comprovou que a atmosfera exerce pressão e percebeu que a pressão atmosférica pode ser medida por meio da altura da coluna de mercúrio sustentada por ela. Estava criada a primeira unidade para medir pressão: a altura, em milímetros, de uma coluna de mercúrio, simbolizada por **mmHg**. A montagem mostrada na figura C é conhecida como **barômetro de Torricelli**.



### • ATENÇÃO

O mercúrio é um metal tóxico e de efeito cumulativo no corpo humano. Seus vapores são facilmente absorvidos pelo organismo, razão pela qual **NÃO SE RECOMENDA** a realização do experimento de Torricelli.

A figura B mostra que a pressão atmosférica ao nível do mar é 760 mmHg. Se a experiência de Torricelli for repetida no alto de uma montanha, a altura da coluna de mercúrio será menor que 760 mm, o que revela que a pressão atmosférica nesse local é menor que 760 mmHg.

De modo geral, verifica-se que, à medida que a altitude aumenta, a pressão atmosférica diminui, o que é evidenciado pela diminuição da altura da coluna de mercúrio no barômetro de Torricelli.

Na verdade, o valor da pressão atmosférica é uma decorrência da quantidade de ar que existe acima da localidade, o que aparece esquematizado no gráfico da página seguinte.

Em homenagem a Torricelli, o mmHg é também simbolizado por **torr**:

$$1 \text{ mmHg} = 1 \text{ torr}$$

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



### 1.3 A unidade de pressão *atmosfera*

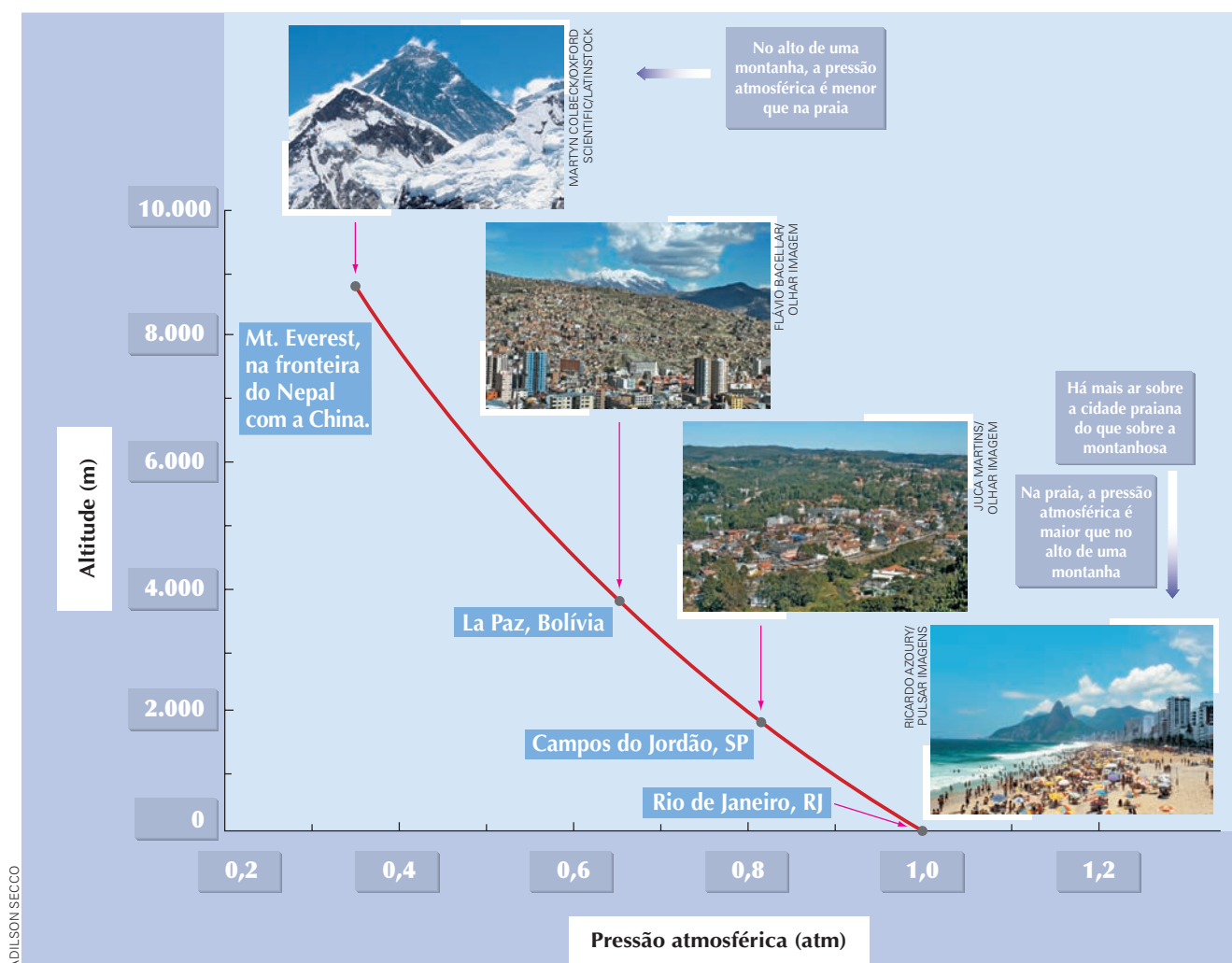
Ao nível do mar, a pressão atmosférica média é de 760 mmHg. Esse valor serviu de base para a definição de uma outra unidade para expressar pressão, a **atmosfera**, simbolizada por **atm**. A pressão de uma atmosfera (1 atm) equivale à pressão de 760 mmHg. Assim:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

#### Os significados da palavra *atmosfera*

Você não deve confundir os significados da palavra **atmosfera**, quando usada em Ciência. Essa palavra pode referir-se ao meio gasoso que envolve um certo planeta (por exemplo, a atmosfera terrestre, a atmosfera do planeta Marte etc.), mas também é usada como o nome de uma unidade de pressão.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



Fonte: Gráfico elaborado a partir de dados de WEINECK, J. *Biologia do Esporte*. 7. ed. Barueri: Manole, 2005. p. 663.

### 1.4 A unidade de pressão *pascal*

A **pressão** é uma grandeza conceituada em Física como sendo o resultado da divisão da força que atua perpendicularmente a uma superfície dividida pela área dessa superfície. Assim, por exemplo, seus pés exercem uma pressão sobre o solo, que pode ser calculada dividindo-se a força aplicada por seu corpo ao solo pela área de contato entre seus pés e o solo.

No SI (Sistema Internacional de Unidades), a força é expressa em **newton** (N) e a área é expressa em **metro quadrado** (m<sup>2</sup>).

Surge, da definição de pressão, a unidade do SI para expressar essa grandeza: **newton por metro quadrado** (N/m<sup>2</sup>), que é chamada de **pascal** e simbolizada por **Pa**.

Na prática, é muito usado o quilopascal (kPa), que corresponde a 10<sup>3</sup> Pa.

Verifica-se experimentalmente que 1 atm equivale a 101,3 kPa.

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ pascal} = 1 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 101,3 \text{ kPa}$$



▲ Blaise Pascal (1623-1662), matemático e cientista francês, a quem a unidade de pressão pascal (Pa), do Sistema Internacional, homenageia. Óleo sobre tela de Philippe de Champaigne, século XVII. Coleção particular.

## 1.5 Variáveis de estado

A expressão **estado de um gás** designa a situação em que esse gás se encontra, ou seja, como ele “está”. Especificar o estado de um gás significa dizer qual é o valor:

- de sua pressão (P);
- de sua temperatura (T);
- de seu volume (V).

Dizemos que P, T e V são **variáveis de estado**.

Três unidades relevantes de pressão foram comentadas anteriormente.

Quanto à temperatura, estamos habituados a expressá-la em graus Celsius (símbolo: °C). Mais adiante conheceremos uma escala de temperatura mais útil para certos estudos científicos, a escala kelvin.

As unidades de volume mais relevantes (cm<sup>3</sup>, mL, dm<sup>3</sup>, L e m<sup>3</sup>), bem como a maneira de interconvertê-las, foram apresentadas no capítulo 2. Recordando:

$$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L} = 10^3 \text{ mL} = 10^3 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$$

## Exercícios essenciais



A critério do(a) professor(a) esta lista de exercícios poderá ser realizada em classe ou em casa.

### Exercício Resolvido

1. Expresse a pressão de 190 mmHg na unidade atm.

#### Resolução

Em mmHg		Em atm	
760 mmHg	—	1 atm	} ⇒ x = 0,25 atm
190 mmHg	—	x	

2. O pneu de um automóvel foi calibrado com 1.520 mmHg. Expresse essa pressão em:
- a) atm;      b) kPa;      c) torr.

3. A pressão atmosférica no alto do Monte Kilimanjaro, o ponto mais alto da África, a 5.000 m de altitude, é cerca de 0,5 atm. Expresse essa pressão em:
- a) kPa;      c) torr.  
b) mmHg;
4. Um balão publicitário, enchido com hélio, tem volume interno de 10 m<sup>3</sup>. Expresse esse volume em:
- a) L;      c) mL;  
b) dm<sup>3</sup>;      d) cm<sup>3</sup>.
5. O volume interno de um balão de festa é 5 L. Expresse esse volume em mL e em cm<sup>3</sup>.