

1. Alguns fatos relacionados com a pressão atmosférica

A pressão atmosférica atua em todos os objetos próximos da superfície da Terra e, como vimos, a pressão ao nível do mar é:

$$1 \text{ atm} \cong 1 \text{ kgf/cm}^2$$

Assim, o nosso corpo suporta uma força de aproximadamente 1 kgf para cada cm^2 . Como suportamos isso? Acontece que nossas células têm uma pressão interna que equilibra essa pressão externa do ar. A situação é parecida com a de uma bexiga cheia de ar: a pressão do ar interno compensa a pressão externa. É análoga também à situação de uma residência, por exemplo, que tenha uma janela de vidro de área $A = 1 \text{ m}^2$. Supondo a pressão atmosférica igual a 1 atm, isto é, $p \cong 10^5 \text{ N/m}^2$, a força que o ar externo faz sobre o vidro é igual a 10^5 N , o que equivale ao peso de um objeto de massa 10 toneladas. Por que o vidro não quebra? A resposta é que dentro da casa também há ar, com a mesma pressão, de modo que há equilíbrio (fig. 2).

Porém, como veremos no capítulo 27, os ventos podem diminuir a pressão externa; assim, se o vento for muito “forte”, a pressão externa fica muito menor que a interna e o vidro pode quebrar. É o que ocorre com frequência por ocasião dos tornados, tão comuns no hemisfério norte.

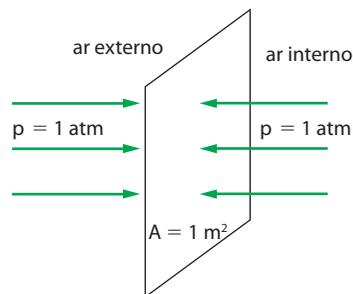


Figura 2.

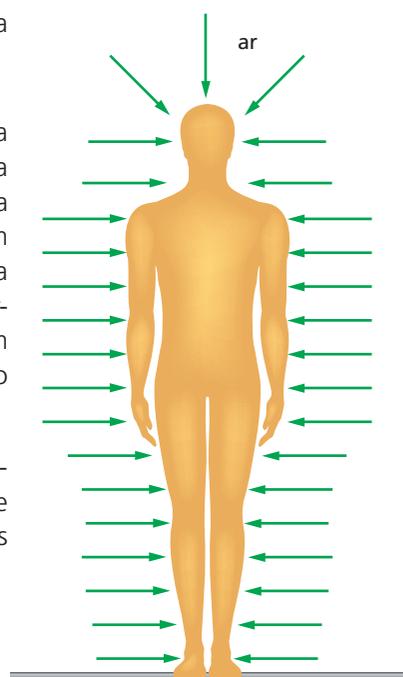


Figura 1.

ALEX ARGONZO

Você pode verificar facilmente o efeito descrito acima fazendo o experimento a seguir:

Experimento

Pegue uma garrafa de plástico vazia e sem tampa (fig. a). A pressão do ar externo é equilibrada pela pressão do ar interno, e a garrafa não se deforma.

Se você jogar uma pequena quantidade de água quente dentro da garrafa, o ar interno vai se aquecer e dilatar, de modo que um pouco de ar sairá da garrafa.

A seguir, tampe a garrafa e coloque-a dentro de um recipiente com água muito fria (ponha alguns cubos de gelo). O ar interno, ao esfriar, vai se contrair, diminuindo a pressão interna. A pressão externa, então, ficará maior que a interna, e a garrafa será “amassada” (fig. b).

Figura a.
Garrafa de plástico vazia e sem tampa.



Figura b. Garrafa de plástico deformada com pressão externa maior que a interna.



FOTOS: EDUARDO SANTALIESTRA

Os hemisférios de Magdeburg

Um experimento que ficou famoso foi realizado em 1654 pelo alemão Otto von Guericke. Otto havia inventado uma bomba capaz de retirar o ar de dentro dos recipientes (bomba de vácuo). Ele construiu então duas cascas semiesféricas, de bronze, cada uma com diâmetro de 55 cm. Essas semiesferas foram encostadas uma na outra e a seguir, por um orifício, sua bomba retirou quase todo o ar de dentro do conjunto. Desse modo, a pressão atmosférica externa comprimiu as duas semiesferas com uma força tão intensa que dois conjuntos de oito cavalos só conseguiram separá-las depois de muito esforço.

Esse experimento ficou conhecido na história da Ciência como “os hemisférios de Magdeburg”, porque Guericke era prefeito dessa cidade.



Figura 3. Ilustração de 1672 feita por Otto von Guericke, mostrando seu experimento.

Os conta-gotas e a seringa

No volume 2, no estudo da Termologia, veremos que, quando a temperatura se mantém constante, há a seguinte relação entre a pressão e o volume ocupado por uma certa massa de gás (Lei de Boyle):

$$(\text{pressão}) \cdot (\text{volume}) = \text{constante}$$

Isso significa que:

- quando o volume aumenta, a pressão diminui;
- quando o volume diminui, a pressão aumenta.

Essa constatação nos ajuda a compreender o funcionamento de um conta-gotas (fig. 4).

Quando apertamos a “borrachinha” do conta-gotas, expulsamos um pouco do ar contido no tubinho. A seguir, mergulhamos sua extremidade no líquido e soltamos a borrachinha. Ao fazer isso, aumentamos o volume do ar no interior do conta-gotas, o que provoca (de acordo com a Lei de Boyle) a diminuição de sua pressão, a qual fica menor que a pressão do ar externo. Assim, a pressão externa “empurra” o líquido para dentro do conta-gotas.

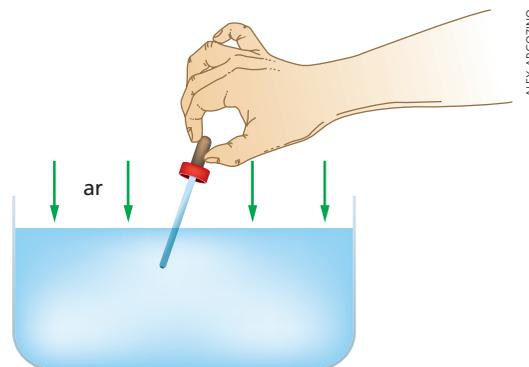


Figura 4.

Do mesmo modo, podemos entender o que acontece com o líquido na seringa (fig. 5).

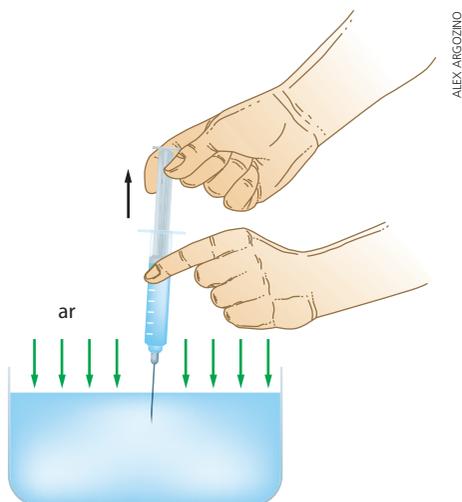


Figura 5.

Aspiradores

No estudo dos gases, veremos que a pressão depende também do número de moléculas do gás. Desse modo, mantendo constante a temperatura e o volume, quanto menor for o número de moléculas, menor será a pressão.

Nos aspiradores usados na limpeza doméstica (fig. 6) há um ventilador que “empurra” o ar interno para a parte de “trás” do aspirador. Com isso, ele diminui o número de moléculas do ar interno, provocando uma redução na pressão, que fica, então, menor que a pressão do ar externo. Desse modo, a pressão atmosférica “empurra” o ar para dentro do aparelho.

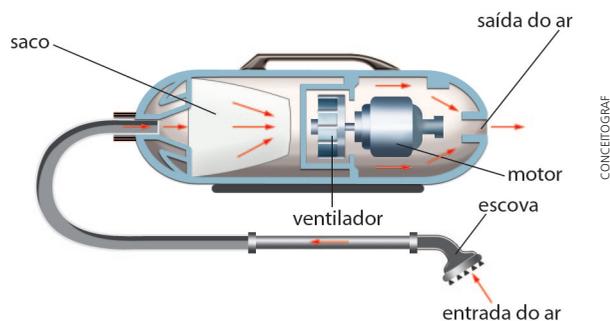


Figura 6.

Sifão

Você já deve ter visto uma cena como a mostrada na figura 7, em que se retira combustível do tanque de um automóvel. Primeiramente, o motorista aspira pela borracha (como um canudinho de tomar refrigerante) até o combustível chegar à sua boca. Em seguida, tapa a extremidade com o dedo, levando-a a uma posição abaixo do nível do líquido. Assim, o combustível vai passando do tanque para o recipiente externo.

Este é um procedimento bastante comum, mas deve ser realizado somente por adultos.

Para entender isso, observemos a figura 8. Os pontos A e B, estando no mesmo nível, têm a mesma pressão, que é a pressão atmosférica. Assim, a pressão no ponto C do líquido será dada por:

$$p_C = p_B + dgh = p_{atm} + dgh$$

p_{atm}



Figura 7.

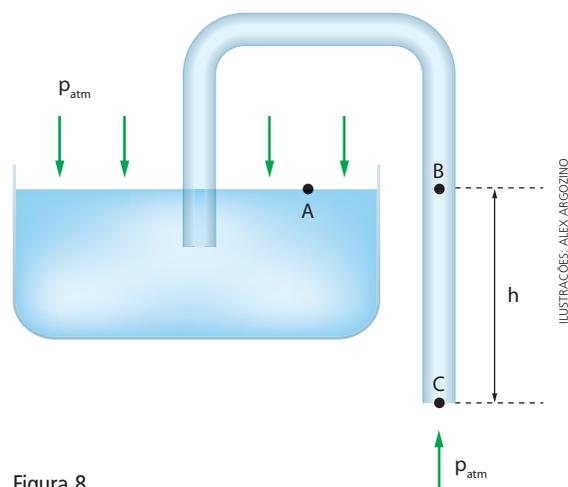


Figura 8.

Portanto, na extremidade C do tubo, a pressão do líquido é maior que a pressão atmosférica. Desse modo, o líquido sai pela extremidade inferior, esvaziando o recipiente.

2. Pressão sanguínea

O coração é um músculo que se contrai e se dilata periodicamente. Durante a contração (sístole), o sangue é “empurrado” para as artérias. Depois de circular pelo corpo, o sangue retorna pelas veias ao coração, nele penetrando durante a dilatação (diástole).

Em condições normais, ao sair do coração e entrar nas artérias, o sangue tem uma sobrepressão de aproximadamente 120 mmHg na sístole e 80 mmHg na diástole, dando uma média de 100 mmHg de sobrepressão (isto é, acima da pressão atmosférica).

No século XVIII, quando começaram as primeiras pesquisas sobre a pressão sanguínea, foi feito o experimento mostrado na figura 9. Uma agulha foi introduzida na artéria que passa pelo braço, no mesmo nível do coração. Essa agulha foi ligada a um fino tubo de vidro (cânula) e, assim, mediu-se a altura h_s da coluna de sangue, obtendo-se aproximadamente 130 cm. Sabendo que a densidade do mercúrio é $d_M = 13,6 \text{ g/cm}^3$ e a densidade do sangue é $d_s = 1,055 \text{ g/cm}^3$, podemos calcular a altura equivalente de mercúrio (h_M):

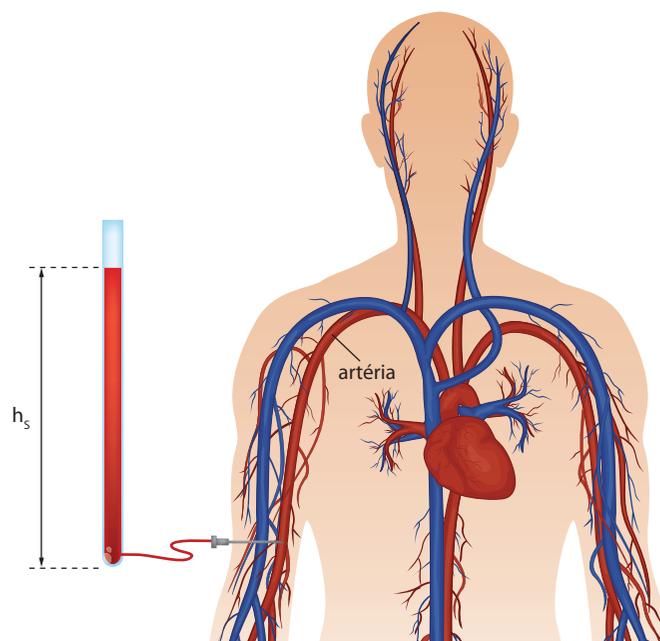


Figura 9.

$$d_M \cdot h_M = d_s \cdot h_s \Rightarrow h_M = \frac{d_s}{d_M} \cdot h_s = \frac{1,055}{13,6} (130 \text{ cm}) \cong 10 \text{ cm} = 100 \text{ mm}$$

$$h_M \cong 100 \text{ mmHg}$$

Esse experimento é chamado de **canulação**.

Nas veias, a pressão é bem mais baixa. Quando o sangue retorna ao coração, chega com uma sobrepressão média praticamente nula, isto é, uma pressão absoluta média igual à pressão atmosférica.

Quando fazemos canulação na artéria em outros pontos do corpo, o resultado depende da posição da pessoa. Se ela estiver deitada (fig. 10), em qualquer ponto a sobrepressão (média) será praticamente a mesma: 130 cm de sangue (ou 100 mmHg). Mas, se ela estiver de pé (fig. 11), devemos levar em conta a Lei de Stevin. Na situação da figura 11, temos as alturas das colunas de sangue: $h_c = 120 \text{ cm}$ e $h = 40 \text{ cm}$.

Por isso, quando uma pessoa que estava deitada se levanta muito depressa, provoca rápida diminuição da pressão arterial no cérebro, o que pode causar momentânea diminuição do fluxo sanguíneo do cérebro (até que o organismo se adapte à nova situação); desse modo, ela pode sentir uma pequena tontura.

Consideremos novamente a situação da figura 11. Sendo p_{CO} a sobrepressão arterial no coração e p_{CE} a sobrepressão arterial no cérebro, de acordo com a Lei de Stevin, temos:

$$p_{CO} = p_{CE} + d_s g h \text{ ou } p_{CE} = p_{CO} - d_s g h$$

em que d_s é a densidade do sangue.

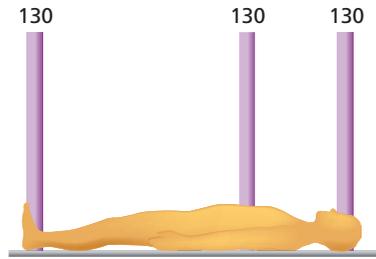


Figura 10. Sobrepressão deitado.

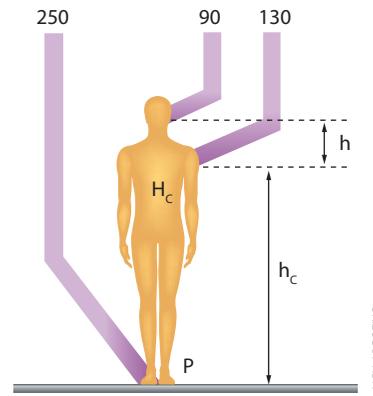


Figura 11. Sobrepressão em pé.

Quando uma pessoa em posição vertical tem aceleração \vec{a} para cima (fig. 12), ela sente uma aceleração da gravidade \vec{g}' , cujo módulo é:

$$g' = g + a$$

Desse modo, poderemos chegar a uma situação em que:

$$p_{CE} = p_{CO} - d_s g' h = 0$$

Assim, haverá uma falta de fluxo sanguíneo no cérebro, e a pessoa poderá desmaiar.

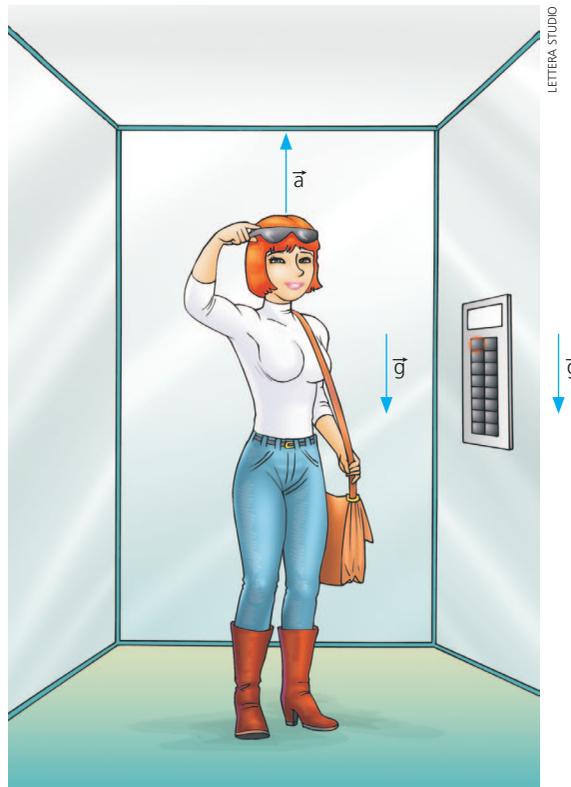


Figura 12.

Medida da pressão sanguínea com esfigmomanômetro

Para medir a pressão arterial, os médicos usam um esfigmomanômetro (do grego *sphygmos*, que significa “palpitação”, “pulsação”). Esse aparelho é formado por uma bolsa que pode encher-se de ar por meio de uma pequena bomba de borracha. O médico enrola a bolsa no braço do paciente, na altura do coração. Em seguida, ele vai bombeando ar até que a compressão da bolsa impeça a passagem do sangue pela artéria. Com um estetoscópio, ele poderá ouvir o ruído do sangue quando volta a fluir. O médico vai, então, vagarosamente, soltando o ar da bolsa.

Quando a pressão da bolsa (que é lida no manômetro) se torna ligeiramente menor que a pressão sistólica (máxima), o sangue consegue passar de modo turbulento durante as sístoles, mas não durante as diástoles. Isso produz um ruído periódico que pode ser ouvido pelo estetoscópio.

O médico continua, então, a soltar o ar. Quando a pressão na bolsa fica igual à pressão diastólica (mínima), a artéria fica aberta durante todo o ciclo do coração, e, embora haja um ruído, ele agora não é periódico, mas contínuo.

Para adultos saudáveis (e que não estejam fazendo esforço), a sobrepressão máxima está em torno de 120 mmHg e a mínima em torno de 80 mmHg, que as pessoas falam, simplificada, “12 por 8”. Nesse caso, é usada a unidade centímetro de mercúrio.

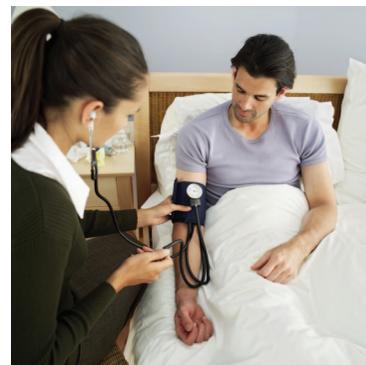


Figura 13. Médica verifica a pressão arterial do paciente.

