

# No posto de gasolina

Gaspar estava voltando para casa, após passar um dia muito agradável na praia, apesar da dor de ouvido.

Ele parou num posto de gasolina para abastecer e verificar as condições gerais do carro, para prosseguir a viagem tranqüilo.

Parando no posto, o rapaz que o atendeu aconselhou-o a calibrar os pneus, trocar o óleo do motor e verificar os freios.

Gaspar concordou prontamente.

Após calibrar os pneus, Gaspar foi trocar o óleo, e colocou o carro sobre um elevador hidráulico. O rapaz acionou o elevador e o carro foi erguido, sem grandes dificuldades.

Gaspar, que é muito curioso e gosta de saber como as coisas funcionam, perguntou ao rapaz como funcionava aquele equipamento, o que resultou numa loooonga conversa...

## Calibrando os pneus

Gaspar foi verificar a pressão no interior dos pneus do seu carro, isto é, “calibrar” os pneus.

Dentro dos pneus existe ar. Como sabemos, o ar é formado por diferentes gases, que exercem pressão sobre as paredes do pneu. Se a pressão lá dentro não estiver correta, o carro ficará instável na pista, por isso é importante que a pressão nos pneus seja sempre verificada.

O aparelho utilizado para medir a pressão de um gás chama-se **manômetro**.

Um tipo muito simples de manômetro é formado por um tubo em forma de U (Figura 1), que contém mercúrio (Hg) no seu interior e uma escala para que se possa medir a altura da coluna de mercúrio no tubo e, assim, conhecer a pressão.

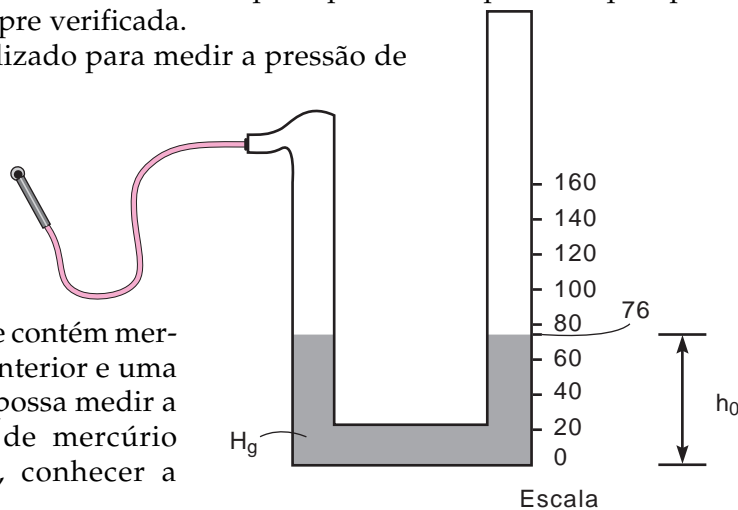


Figura 1. Manômetro simples.



Observe que existem dois ramos, um maior que o outro. No ramo menor, há uma mangueira para ser adaptada ao recipiente que contém o gás cuja pressão se deseja medir.

Quando o manômetro não está em funcionamento, as duas colunas de Hg têm a mesma altura ( $h_0$ ), como mostra a Figura 1. Isso acontece porque a pressão na superfície do líquido nos dois ramos é a mesma: é a pressão atmosférica ( $p_{\text{atm}}$ ).

Gaspar encaixou o adaptador no bico do pneu, por onde o ar entra e sai. A Figura 2 mostra o que aconteceu:

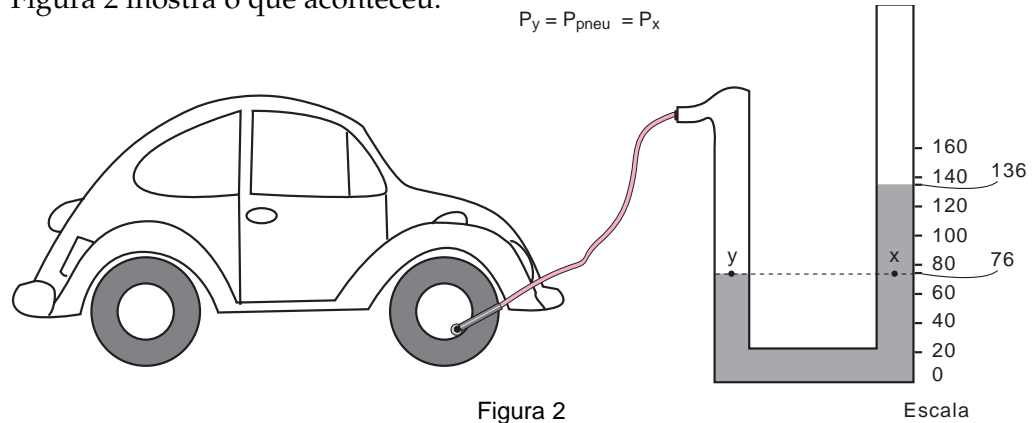


Figura 2

Escala

Observe que, quando a mangueira é ligada ao pneu, a coluna de Hg se desloca: no ramo menor, o Hg é empurrado para baixo e, conseqüentemente, sobe no ramo maior. Por que isso acontece?

Porque a pressão no interior do pneu é maior do que a pressão atmosférica e ela empurra o mercúrio até atingir o equilíbrio.

Usando o teorema de Stevin, estudado na Aula 19, é fácil ver que **dois pontos de um líquido, situados numa mesma profundidade têm a mesma pressão**, portanto a pressão no ponto indicado pela letra **y** é igual à pressão indicada pela letra **x** (ver a Figura 2).

A pressão no ponto **y** corresponde à pressão do gás no interior do pneu ( $p_{\text{pneu}}$ ), e esta corresponde à pressão no ponto **x**. Assim:

$$P_y = P_{\text{pneu}} = P_x$$

Você já sabe calcular a pressão no interior de um líquido: **é a pressão atmosférica mais a pressão da coluna de líquido acima daquele ponto**.

Então, basta verificar usando a escala do manômetro a altura da coluna de Hg acima do ponto **x** e somá-la ao valor da pressão atmosférica, que é 76 cmHg.

Pela Figura 2 verificamos que a altura da coluna de Hg é 60 cm, que corresponde à pressão de 60 cmHg, portanto:

$$P_x = P_{\text{atm}} + P_{\text{coluna}}$$

Então, a pressão no interior do pneu do Gaspar era de:

$$p_{\text{pneu}} = p_x = 76 \text{ cmHg} + 60 \text{ cmHg}$$

$$p_{\text{pneu}} = 136 \text{ cmHg}$$

Para termos uma idéia melhor desse valor, vamos expressar essa medida em atmosferas, lembrando que 76 cmHg = 1 atm. Basta fazer uma regra de três:

$$1 \text{ atm} \Rightarrow 76 \text{ cmHg}$$

$$p_{\text{pneu}} (\text{atm}) \Rightarrow 136 \text{ cmHg}, \text{ logo,}$$

$$p_{\text{pneu}} = 1,8 \text{ atm}$$

Veja que essa pressão é quase o dobro da pressão atmosférica, ou seja, ela é 1,8 vez maior.

Entretanto essas unidades não são muito usadas para se calibrar pneus. Para esse fim, costuma-se usar duas outras unidades:

$$\text{kgf/cm}^2$$

e

$$\text{libra/polegada}^2$$

Observe que ambas têm a unidade formada por: uma unidade de força (kgf, libra) dividida por uma unidade de área ( $\text{cm}^2$ ,  $\text{pol}^2$ ). Isso funciona sempre: para saber qual a unidade de uma grandeza, basta olhar para as unidades das grandezas que a definem.

É importante conhecer a correspondência entre essas unidades e, para transformar uma na outra, basta utilizar a regra de três como fizemos acima.

$$1 \text{ atm} = 14,2 \text{ lb/pol}^2 = 1 \text{ kgf/cm}^2 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 76 \text{ cmHg}$$

Como treino, verifique que a pressão nos pneus do carro de Gaspar é **aproximadamente**:

$$p_{\text{pneu}} = 25,6 \text{ lb/pol}^2$$

### Um café, por favor

Após calibrar os pneus, Gaspar foi tomar um café. No balcão, ele observou que a máquina tinha um tubo externo, transparente, que também continha café.

Gaspar ficou curioso e perguntou ao rapaz do bar para que servia aquele tubo.

E ele descobriu que aquela máquina era uma aplicação daquilo que você aprendeu na aula passada sobre **pressão em líquidos**. A máquina utiliza o sistema que chamamos de **vasos comunicantes**. Esse sistema é formado por dois recipientes (ou vasos) que se comunicam pela base, como mostra a Figura 4:

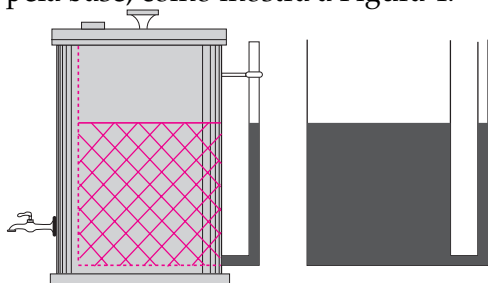


Figura 4. Como é a máquina de café vista por dentro.

Um exemplo muito simples de um sistema desse tipo é a mangueira transparente, com água dentro, que os pedreiros usam nas construções para nivelar, por exemplo, duas paredes ou uma fileira de azulejos (veja a Figura 5).

É também devido a essa propriedade que, para se obter uma forte pressão nos chuveiros, as caixas d'água devem ficar mais altas em relação ao ponto de saída da água (Figura 6).

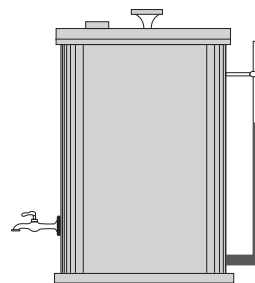


Figura 3. O tubo externo da máquina de café chamou a atenção de Gaspar.

Como o café está em equilíbrio e sujeito apenas à pressão atmosférica, a altura nos dois vasos é a mesma. Assim, é possível saber qual a quantidade de café existente no interior da máquina, sem precisar olhar lá dentro.

O interessante é que não importa a forma que esses dois vasos tenham: quando eles estiverem sujeitos à mesma pressão, a coluna de líquido nos dois vasos estará na mesma altura.

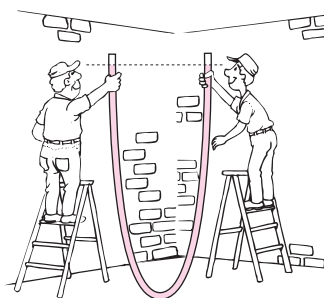


Figura 5

A pressão da água no chuveiro será tanto maior quanto mais alta estiver a caixa d'água, pois a pressão nesse ponto é igual à pressão atmosférica mais a pressão da coluna de água, que, como sabemos, depende da altura da coluna de água acima daquele ponto.

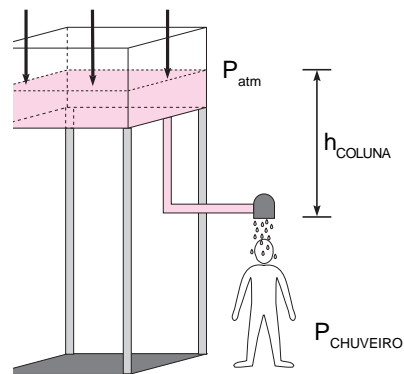


Figura 6. A caixa d'água deve ficar mais alta que o chuveiro.

### Trocando o óleo

Gaspar posicionou o carro sobre a plataforma do elevador, que foi, em seguida, acionado: o carro subiu lentamente, mas com facilidade.

“Como é que isso funciona?” quis saber Gaspar.

“Para quem já conhece sobre pressão e vasos comunicantes não é difícil”, respondeu o rapaz.

Hoje é possível utilizar o elevador hidráulico graças a um cientista francês chamado Blaise Pascal, que, em 1653, descobriu por meio de experiências, que:

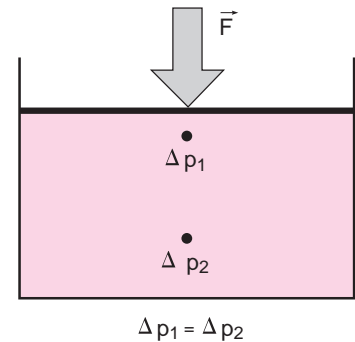


Figura 7. A variação de pressão no ponto 1 é transmitida ao ponto 2. Então, a variação de pressão 1 é igual à variação de pressão 2.

**Quando, por alguma razão, alteramos a pressão em um ponto de um líquido, essa variação de pressão é transmitida para todos os outros pontos do líquido.**

Essa propriedade dos líquidos é hoje conhecida como o **princípio de Pascal**.

O elevador hidráulico é, basicamente, um sistema de vasos comunicantes. É formado por dois recipientes cilíndricos comunicantes, contendo um líquido, normalmente óleo. Em geral, esses recipientes são fechados com um pistão. Uma característica **muito importante** desse sistema é que a **área da superfície de um dos pistões** é bem maior que a do outro, como mostra a Figura 8.

Ao exercermos uma força  $f$  no pistão 1 (menor), que tem área  $a$ , provocamos um aumento de pressão no interior do líquido, dado por:

$$\Delta p_1 = \frac{f}{a}$$

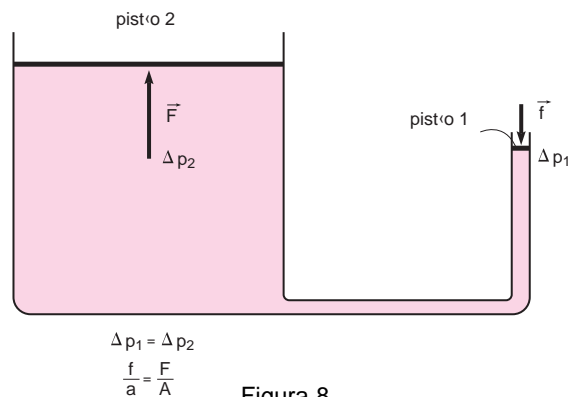


Figura 8

De acordo com o princípio de Pascal, esse aumento é transmitido igualmente a todos os pontos do líquido, o que provoca o aparecimento de uma força  $F$  no pistão 2 (maior). Sendo  $A$  a área desse pistão, o aumento de pressão sobre ele será:

$$\Delta p_2 = \frac{F}{A}$$

Como o aumento de pressão é o mesmo, podemos igualar essas duas expressões, obtendo assim:

$$\Delta p_1 = \Delta p_2$$

$$\frac{F}{A} = \frac{f}{a}$$

então, a força que aparece no pistão maior será:

$$F = \frac{A}{a} \times f$$

Logo, como  $A > a$ , a força será aumentada.

Observe o carro do Gaspar sobre o elevador: conhecendo as áreas dos dois pistões e o peso do carro do Gaspar, vamos calcular a força necessária para levantá-lo.

Seja o peso do carro 800 kgf, a área do pistão maior 2.000 cm<sup>2</sup> e a do menor, 25 cm<sup>2</sup>. Então, a força que precisamos fazer no outro pistão será:

$$f = \frac{a}{A} \times F = \frac{25}{2.000} \times 800 = 0,0125 \cdot 800 = 10 \text{ kgf}$$

**Apenas** 10 kgf! Isso equivale a dois pacotes de arroz de 5 kg. Então, é possível, com o elevador hidráulico, equilibrar um carro com apenas **dois** pacotes de arroz! Isso não é incrível?

A força que fazemos no pistão menor é multiplicada por um fator que depende da relação entre as áreas dos pistões. Esse fator é dado por  $A/a$ . Por isso, dizemos que esse equipamento é um **multiplicador de forças**. O

princípio de utilização do elevador hidráulico é o mesmo utilizado em alguns tipos de cadeiras de dentista, na prensa hidráulica e também nos freios hidráulicos dos automóveis.

A prensa hidráulica funciona como o elevador, mas é utilizada para comprimir e compactar objetos (Figura 10).

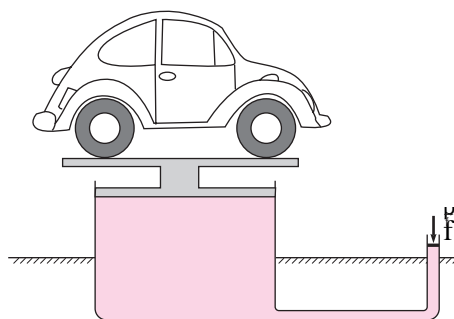


Figura 9. Graças ao Princípio de Pascal, o carro pode ser erguido sem grande esforço.

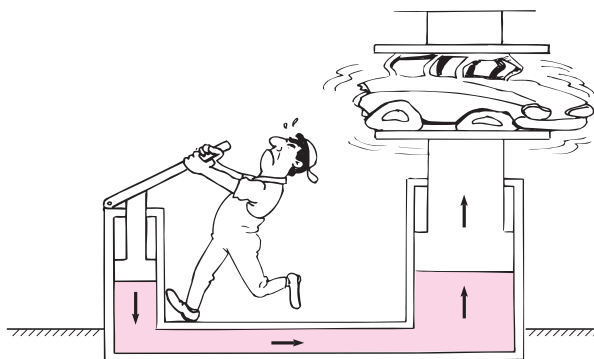


Figura 10

## Verificando os freios

O sistema de freios hidráulicos dos automóveis também utiliza esse princípio: a força que aplicamos no pedal é aumentada várias vezes, sendo então utilizada para comprimir as lonas do freio contra o tambor, nas rodas traseiras. Observe a Figura 11.

Por isso, é muito importante verificar o fluido do freio pois, sem ele, quando pisamos no freio, nada acontece, pois, não há como transmitir a força que irá comprimir as lonas contra o tambor, nas rodas traseiras, que por atrito faz com que elas parem.

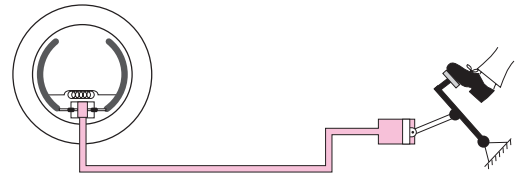


Figura 11

Veja que interessante: é o atrito entre a lona e o tambor da roda que faz o carro parar. É por isso que, em algumas situações, sentimos um cheiro forte de queimado. A lona é feita de uma fibra especial e o calor gerado pelo atrito queima esse material. Por isso, é bom substituir as lonas periodicamente.

Nesta aula, você aprendeu:

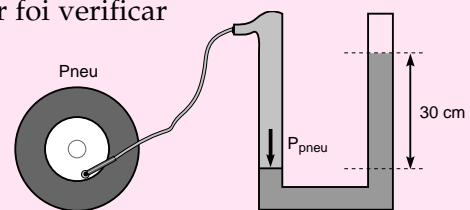
- algumas aplicações da **lei de Stevin**: manômetro, vasos comunicantes;
- que existe um aparelho, o **manômetro**, utilizado para medir a pressão de gases e qual o seu princípio de funcionamento;
- que existe um sistema, chamado **vasos comunicantes**, cuja aplicação é muito útil no dia-a-dia (máquina de café, construções, caixas d'água);
- que muitos equipamentos que utilizamos se baseiam no **princípio de Pascal**, que fala sobre a transmissão da variação da pressão no interior de um líquido, cujo efeito final é a multiplicação de forças.



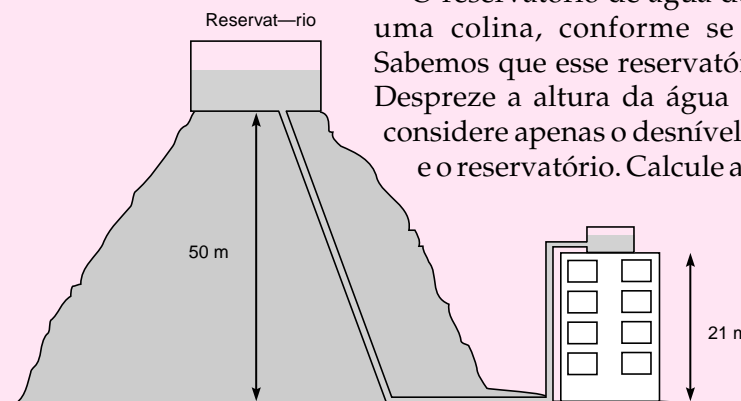
### Exercício 1

Após calibrar os quatro pneus, Gaspar foi verificar também o reserva (estepe). A figura abaixo mostra o que ele observou no manômetro.

Qual era o valor da pressão no interior do estepe? Dê o resultado em atm, lb/pol<sup>2</sup>, e kgf/cm<sup>2</sup>.



### Exercício 2



O reservatório de água de uma cidade fica sobre uma colina, conforme se vê na figura abaixo. Sabemos que esse reservatório fica a 50 m do chão. Despreze a altura da água dentro da caixa, isto é, considere apenas o desnível entre a caixa do edifício e o reservatório. Calcule a pressão com que a água chega à caixa de um edifício, que está a 21 metros do chão, sabendo que a densidade da água é de 1.000 kg/m<sup>3</sup>.

**Exercício 3**

Um elefante e uma galinha estão equilibrados sobre um elevador hidráulico, conforme mostra a figura.

- a) Sendo o peso do elefante  $16.000\text{ N}$  e o da galinha  $20\text{ N}$ , calcule qual deve ser a relação entre as áreas das superfícies sobre a qual eles estão, isto é, quanto vale  $A_1/A_2$ ?
- b) Suponha que a área onde está apoiada a galinha ( $A_2$ ) seja  $10\text{ cm}^2$ . Qual deverá ser a área onde está o elefante ( $A_1$ )?

