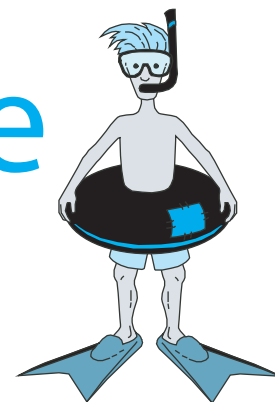


# Densímetro de Baixo Custo



Quando caminhamos dentro de uma piscina em direção à parte mais funda ou quando seguramos um objeto, total ou parcialmente submerso, temos a impressão de que seu peso diminui, como se a água exercesse uma força de sentido contrário ao peso deste objeto. Essa força é chamada de ‘empuxo’, e é equivalente ao volume de água que a massa do objeto deslocou.

Mergulhando o mesmo objeto em um outro líquido, notaremos que ele pode, por exemplo, afundar totalmente em vez de apenas ficar parcialmente imerso. Isso ocorre porque diferentes líquidos produzem diferentes empuxos em um mesmo objeto. Esse fenômeno acontece devido a uma característica particular de cada líquido, e está ligado à sua densidade, expressa pela relação  $d = m/v$ , onde  $d$  é a densidade do líquido,  $m$  a massa do objeto e  $v$  o volume desse objeto.

Interessado nessas questões, este trabalho apresenta um densímetro de baixo custo, de fácil e rápida construção, para ser empregado de maneira qualitativa no ensino de ciências do ensino fundamental ou em experimentos quantitativos do ensino básico, dentro do conteúdo de hidrostática.

Na seqüência, descrevemos a montagem do instrumento e apresentamos alguns resultados experimentais, a fim de que o leitor possa observar a qualidade do equipamento. Também sugere-se alguns experimentos utilizando-se esse densímetro.

## A Montagem do Densímetro

Diferentes tipos de canudinhos de refresco e pregos foram testados e os melhores resultados foram obtidos

utilizando-se a seguinte relação de material para a confecção do densímetro:

- 1 prego de medida 17 x 21 mm (medida padrão)
- 1 canudinho de refresco (aproximadamente 21 cm de comprimento e 0,6 cm de diâmetro)
- cola (adesivo epoxi - tipo araldite, de secagem rápida)

A construção do densímetro é feita passando cola na parte do prego próxima à cabeça do mesmo, de modo que na introdução do prego, dentro do canudinho de refresco, vede-se a extremidade relacionada à cabeça do prego. É importante que essa cabeça deva ser de um diâmetro próximo ao do canudinho, ajustando-se ao seu corpo; a razão disso é possibilitar a existência de uma relação linear entre a altura submersa do canudo e o volume de líquido deslocado. Deixar secar na posição vertical. A Figura 1 esquemmatiza o que dissemos.

## Usando o Aparelho

Para determinarmos o valor da densidade ( $d = m/v$ ) das substâncias líquidas, basta obtermos diretamente o valor da sua massa e volume. Chegamos a esses resultados por meio de uma balança e uma proveta graduada.

Outra forma de medir a densidade de certas substâncias líquidas pode ser feita utilizando o densímetro sugerido e empregando o princípio de Arquimedes. Ao introduzirmos este instrumento em um recipiente contendo um desses líquidos, observamos que uma parte do densímetro fica imersa, em uma situação de equilíbrio vertical. A extensão da parte submersa varia de acordo com o líquido e com o tipo de densí-

.....  
**Carlos Eduardo Laburú**  
UEL Departamento de Física,  
Universidade Estadual de Londrina  
(UEL), C.P. 6001, 86051-970,  
Londrina, PR

.....  
**João Baptista Domingos Júnior**  
Licenciando em Física, com recursos  
parciais da CEC/UEL. Departamento de  
Física, UEL, CEP 86051-970, C.P. 6001,  
Londrina, PR.  
E-mail: laburu@uel.br

.....  
**Norberto Cardoso Ferreira**  
Instituto de Física da USP, São Paulo,  
SP

---

Este artigo mostra como pode-se construir um densímetro de baixo custo a partir de materiais simples e realizar experimentos com substâncias facilmente encontráveis no mercado.

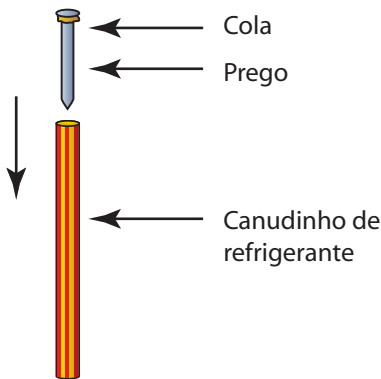


Figura 1. Montagem do densímetro.

metro construído. Para se obter a medida da densidade do líquido nessa situação, é necessário que se iguale o módulo da força peso ( $P$ ) ao módulo da força de empuxo ( $E$ ). A determinação desta última se obtém através do princípio de Arquimedes. Esse princípio nos indica que o módulo da força de empuxo ( $E$ ) é igual ao módulo do peso ( $W$ ) do volume de líquido deslocado, isto é, do volume da parte submersa.

Então, se

$$P = E \quad (1)$$

e sendo o empuxo igual ao peso do volume de líquido deslocado temos:

$$E = W = mg \quad (2)$$

A densidade do líquido nos dá a massa  $m$  deslocada do mesmo:

$$m = dV \quad (3)$$

onde  $V$  é o volume de líquido deslocado.

Substituindo 3 em 2, temos a relação para o empuxo:

$$E = d V g$$

Ora, considerando 1 ficamos com,

$$P = E = d g V \quad (4)$$

Agora, lembrando que o densímetro tem forma cilíndrica, seu volume é dado por:

$$V = A h$$

onde  $A$  e  $h$  são, respectivamente, a área da base e da altura submersa do densímetro. Substituindo esta última relação em 4 tem-se,

$$P = d g A h$$

o que dá

$$\frac{1}{d} = \frac{gAh}{P}$$

Sendo  $gA/P$  uma constante que podemos chamar de  $k$ , chegamos à seguinte relação entre a densidade do líquido e a altura submersa:

$$\frac{1}{d} = kh$$

Caso tenhamos uma substância com densidade ( $d_1$ ) conhecida (e se isto não acontecer, é possível obtê-la pela definição,  $d = m/v$ ), bem como o valor da altura ( $h_1$ ) da imersão do densímetro nessa substância, podemos determinar a densidade de outra substância qualquer ( $d_2$ ), medindo-se a altura ( $h_2$ ) de submersão do densímetro nessa nova substância, pela relação:

$$\frac{1/d_1}{1/d_2} = \frac{kh_1}{kh_2} \Rightarrow d_2 = \frac{d_1 h_1}{h_2} \quad (5)$$

A relação (5), portanto, possibilita determinar a densidade das substâncias, tendo conhecimento da densidade de uma delas. Ora, se adotarmos  $d_1$  como sendo a densidade da água, que vale  $1 \text{ g/cm}^3$ , as densidades desconhecidas ( $d_2$ ) são obtidas nas mesmas unidades e ficam dependentes, unicamente, da relação das alturas do canudo na água ( $h_1$ ) e na substância ( $h_2$ ).

## Resultados Experimentais

Na Tabela 1 indicamos as densidades da água, óleo de cozinha, glicerina e álcool, substâncias que podem facilmente ser obtidas. Na segunda coluna estão indicadas as medidas das alturas submersas do densímetro. Na terceira e quarta colunas estão, respectivamente, as medidas das densidades calculadas pela definição de densidade ( $d = m/V$ ) e pela relação 5.

É possível observar que a diferença entre as densidades (últimas duas colunas) é menor do que 0,9%, com exclusão da água que foi tomada como padrão ( $h_1$ ) para as outras medidas.

## Últimos Comentários

Este trabalho sugere um densímetro de baixo custo que chega a alcançar precisão maior do que 99% na determinação das densidades, quando Tabela 1. Densidades de substâncias de fácil obtenção para a experiência.

Substância	$h$ (cm)	$d_1$ (g/cm <sup>3</sup> )	$d_2$ (g/cm <sup>3</sup> )
Água	12,2	0,985	0,985
Óleo	13,4	0,895	0,897
Glicerina	9,6	1,247	1,252
Álcool	15,1	0,803	0,796

d1: definição; d2: relação V.

comparada pelo procedimento direto (penúltima coluna da tabela), das substâncias por nós selecionadas.

No que se refere aos alunos do ensino médio, podem ser sugeridas experiências sobre densidade, conforme o tratamento mencionado acima.

Uma alternativa de experiência com o aparelho até mais simples e conceitualmente mais significativa do que essa, é utilizar o instrumento para aplicar o conceito de empuxo de forma direta: partindo da relação de equilíbrio entre a força de empuxo e a força peso do aparelho (ver relação 1), pode-se, pela determinação individual de cada uma dessas forças, respectivamente  $E = dgV$  e  $W = mg$ , observar se a mesma é satisfeita. Neste caso, seria suficiente determinar a massa do aparelho em uma balança e o seu volume de líquido deslocado dado um certo líquido, que pela facilidade óbvia poderia ser a água. Para a medida do volume de líquido deslocado (água) poderíamos aplicar o Princípio de Arquimedes diretamente. Ou seja, afunda-se lentamente o densímetro em um tubo comprido cheio de água e de espessura conveniente, contendo uma certa folga, para o aparelho flutuar. A água derramada pode ser recolhida em um vasilhame e medida em uma seringa de três ou cinco mililitros (3 ou 5 mL). Este volume obtido de água, que é o volume de líquido deslocado, deve ser numericamente igual ao valor da massa do densímetro, uma vez que o valor da densidade da água é igual a  $1 \text{ g/cm}^3$  ( $mg = dgV \Rightarrow m = V$ ).

Finalmente, este instrumento pode ser empregado igualmente no ensino fundamental, devido à facilidade de construção e manipulação pelos alunos. Neste caso, o simples fato do instrumento manter uma posição de equilíbrio na vertical já pode ser objeto de atenção, pela curiosidade dessa situação. Daí é possível passar a discutir com os estudantes, de maneira qualitativa ou semi-quantitativa, questões como flutuação, densidade e força (de empuxo) que sustenta o aparelho, fazendo-se testes com vários líquidos. Um próximo encaminhamento das discussões poderia orientar-se para o entendimento da flutuação de navios e submarinos, levando a compreensão do entorno tecnológico.