
PENSE E RESPONDA! UMA BALANÇA EM EQUILÍBRIO POSSUI EM SEUS BRAÇOS CORPOS COM A MESMA MASSA?⁺*

Luciano Denardin de Oliveira
Colégio Monteiro Lobato
Anglo Vestibulares
Porto Alegre – RS

Possivelmente você já ouviu a questão que sempre suscita dúvidas: “*O que pesa mais: um quilo de algodão, ou um quilo de chumbo?*”. A própria pergunta já dá a resposta. Se medidos num mesmo local, onde \bar{g} seja constante, apresentarão exatamente o mesmo peso. Porém, utilizando uma balança de comparação de braços iguais onde num dos lados é colocado um quilograma de chumbo, será que ela fica equilibrada quando, no outro lado, uma massa de um quilograma de algodão é depositada? Ou seja, será que uma balança em equilíbrio possui em seus braços corpos de mesma massa?

Imagine, um experimento onde se coloca em um dos braços uma massa de um quilograma de chumbo e no outro, uma determinada quantidade de algodão até atingir-se o equilíbrio. Essa situação é ilustrada na Fig. 1.

Em uma primeira análise, poderíamos crer que as massas de algodão e de chumbo são iguais, pois a balança se encontra em equilíbrio. Em uma análise mais criteriosa, deve-se considerar que tanto o chumbo quanto o algodão estão mergulhados em um fluido – o ar – logo, ficam sujeitos ao empuxo. Sendo assim, três forças são aplicadas nesses corpos: o peso do corpo, o empuxo e a tensão do cabo. Para que a balança se mantenha em equilíbrio, a força resultante no algodão deve ser igual à no chumbo; ou seja, os pesos aparentes (a reação à força de tensão, exercida pelo corpo sobre o cabo da balança) do chumbo e do algodão devem ser iguais.

⁺ Does a scale in equilibrium have its arms, bodies with the same mass?

* *Recebido: julho de 2007.*
Aceito: novembro de 2007.

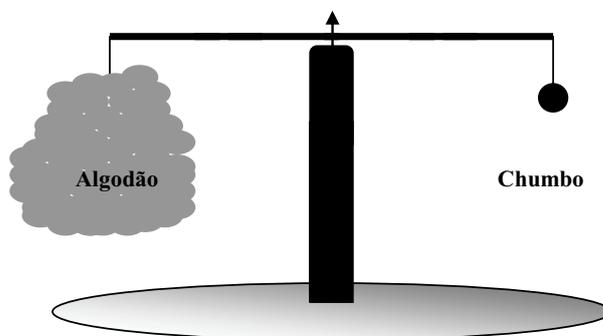


Fig. 1 - Balança de comparação em equilíbrio contendo algodão e chumbo.

Sabe-se que o empuxo depende da densidade do fluido, da aceleração gravitacional e do volume de fluido deslocado. Como a densidade do fluido (ar) e a aceleração gravitacional são as mesmas para o algodão e para o chumbo, e tendo o algodão maior volume que o chumbo, o empuxo aplicado no algodão tem maior intensidade. Portanto, a força peso também deve ser maior no algodão para que o peso aparente seja o mesmo nos dois corpos (Fig. 2); logo, a massa de algodão é maior que a de chumbo.

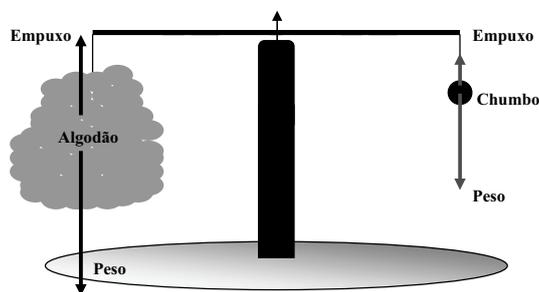


Fig. 2 - Observando as forças aplicadas no algodão e no chumbo, pode-se verificar que os pesos aparentes sobre os dois corpos são iguais.

Esse fato pode ser verificado matematicamente, considerando a massa de um kg de chumbo. Pode-se determinar o módulo do peso aparente (P_a) que atua sobre o chumbo, subtraindo os módulos da força peso e do empuxo.

Sabendo que densidade é a razão entre massa e volume e que o volume de fluido deslocado é igual ao volume do corpo de chumbo, temos:

$$P_a = m_{Pb}g - \rho_{ar} \left(\frac{m_{Pb}}{\rho_{Pb}} \right) g. \quad (1)$$

Tomando g como 10 m/s^2 , a densidade do ar, $\rho_{ar} = 1,21 \text{ kg/m}^3$ e a densidade do chumbo, $\rho_{Pb} = 11,3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, temos:

$$P_a = 9,999 \text{ N}.$$

Sendo assim, o peso aparente do algodão deve possuir esse mesmo valor (pois a balança encontra-se em equilíbrio).

Aplicando a equação (1) com as alterações necessárias para o algodão, e considerando a densidade do algodão $\rho_{algodão} = 1,6 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$, temos:

$$P_a = m_{algodão}g - \rho_{ar} \left(\frac{m_{algodão}}{\rho_{algodão}} \right) g,$$

substituindo os valores:

$$9,999 = m_{algodão}10 - 1,21 \left(\frac{m_{algodão}}{1,6 \times 10^2} \right) 10,$$

chega-se a:

$$m_{algodão} = 1,008 \text{ kg},$$

ou seja:

$$m_{algodão} > m_{chumbo}.$$

Verifica-se, então, que braços de uma balança podem ficar em equilíbrio quando são colocados corpos com massas diferentes.

Pode-se, ainda, ir um pouco além. Imagine que esse sistema esteja dentro de uma campânula hermeticamente fechada. Fazendo vácuo no interior do recipiente o empuxo não mais atuará sobre os corpos, logo, a balança desequilibrará para o lado do algodão, corroborando que a intensidade da força peso e, conseqüentemente a sua massa, são maiores que a do chumbo (Fig. 3).

Mesmo tomando corpos de densidades muito distintas a diferença entre as massas dos corpos utilizados no exemplo é sutil. Este problema pode ser utilizado no estudo do Princípio de Arquimedes para exemplificar o fato de gases também exercerem empuxo sobre corpos, o que muitas vezes é omitido no estudo desse princípio.

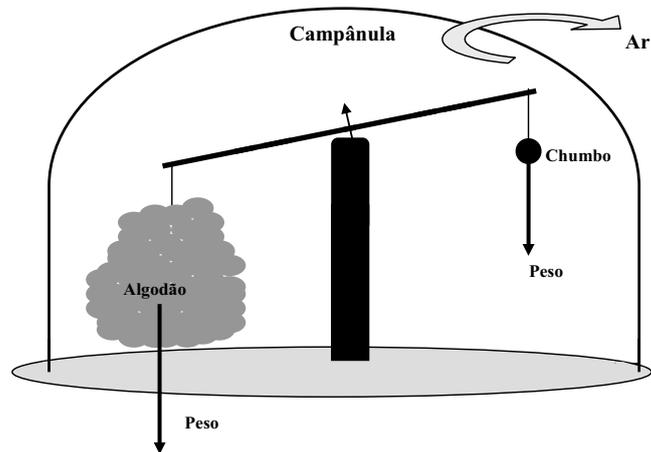


Fig. 3 - Retirando o ar da campânula, podemos constatar que $P_{\text{algodão}} > P_{\text{chumbo}}$.

Agradecimentos

O autor agradece ao professor Paulo Machado Mors pelas sugestões e pela leitura crítica a este trabalho.