



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE CIÊNCIAS MOLECULARES**

Carol Carvalho do Vale - 14563828

Carolina Gosling do Amaral - 15651220

Giovana Nogueira Rodrigues - 14574316

Lia França Marques - 15469943

RELATÓRIO DE AULA PRÁTICA EM LABORATÓRIO

Demonstração 2 - Hidrodinâmica

NOTA: 6,3/10

Descontos:

-0,5 O texto descritivo da metodologia não conversa direito com as figuras que só aparecem posteriormente nos resultados...

-0,2 Problemas na conclusão para o primeiro experimento

-0,5 Problemas nas legendas das figuras e tabelas: numeração e descrição.

-2,5 O relatório apresenta excesso de informações que não contribuem diretamente para a análise proposta.

Há trechos que poderiam ser mais concisos, focando nos pontos essenciais da atividade.

Recomenda-se uma revisão com foco em objetividade e clareza.

São Paulo

2025

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. DEMONSTRAÇÃO 1: Princípio de Arquimedes - Peso de “Ouro”.....	5
2.1. METODOLOGIA.....	5
2.2. RESULTADOS.....	5
2.3. DISCUSSÃO.....	5
2.4. CONCLUSÃO.....	6
3. DEMONSTRAÇÃO 2: Balança de Empuxo.....	7
3.1. METODOLOGIA.....	8
3.2. RESULTADOS.....	10
3.3. DISCUSSÃO.....	11
3.4. CONCLUSÃO.....	11
4. DEMONSTRAÇÃO 3: Princípio de Arquimedes - Garrafas.....	13
4.1. METODOLOGIA.....	13
4.2. RESULTADOS.....	14
4.3. DISCUSSÃO.....	14
4.4. CONCLUSÃO.....	15
5. DEMONSTRAÇÃO 4: Gangorra.....	17
5.1. METODOLOGIA.....	18
5.2. RESULTADOS.....	18
5.3. DISCUSSÃO.....	19
5.4. CONCLUSÃO.....	20
6. CONCLUSÃO.....	21
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
8. DESAFIOS REALIZADOS EM SALA.....	21

1. INTRODUÇÃO

A relação entre corpos e fluidos sempre despertou a curiosidade humana, seja na observação da flutuação de objetos, na navegação de embarcações ou na simples experiência de sentir o corpo mais leve ao mergulhar na água. Historicamente, esse fenômeno teve seu marco com as descobertas de Arquimedes de Siracusa, matemático e físico grego do século III a.C. Segundo relatos históricos, Arquimedes teria percebido, durante um banho, que o nível da água subia proporcionalmente à parte de seu corpo submersa. Essa observação levou à formulação de um princípio fundamental da mecânica dos fluidos: todo corpo imerso em um fluido sofre uma força vertical para cima, igual ao peso do fluido deslocado (HALLIDAY et al., 1996; NUSSENZVEIG, 1996).

Essa descoberta representa um dos primeiros registros históricos de aplicação direta de conceitos físicos à resolução de problemas práticos, sendo um exemplo clássico da relação entre observação empírica e formulação teórica. O princípio formulado por Arquimedes tornou-se um alicerce da hidrostática e teve papel essencial no desenvolvimento de diversas áreas da engenharia e da tecnologia, como na construção de embarcações, submarinos, hidrofusos e instrumentos de medição (GODOI; ASSUNÇÃO, 2019; COUTTO FILHO; COUTTO, 2017).

Esse fenômeno, conhecido como Princípio de Arquimedes, é matematicamente representado pela equação a seguir (Equação 1) (HALIDAY):

$$E = \rho \cdot V \cdot g$$

(1)

Na qual:

E = força de empuxo (N);

ρ = densidade do fluido (kg/m³);

V = volume do fluido (m³);

g = aceleração da gravidade (m/s²).

A força peso que atua sobre o corpo é dada pela equação 2 e o comportamento de um corpo imerso (flutuar, afundar ou manter-se em equilíbrio) dependerá da relação entre essas duas forças. Um corpo flutua quando o empuxo é maior que seu peso, afunda quando o peso é maior que o empuxo, e fica em equilíbrio quando as duas forças se igualam (NUSSENZVEIG, 1996).

NOTA: $p = m \cdot g$ (2)

Na qual:

p = força peso (N);

m = massa (kg);

g = aceleração da gravidade (m/s^2).

Unindo esses dois conceitos, pode-se entender como um corpo interage com o fluido ao seu redor. Situações cotidianas como barcos boiando, pedras afundando ou balões subindo no ar são manifestações práticas dessas ideias.

Com base nesses conceitos, foram realizados quatro experimentos com o objetivo de compreender, aplicar e visualizar o comportamento do empuxo e das forças atuantes sobre corpos imersos:

- No primeiro experimento, determinou-se a densidade de um corpo denominado “ouro” a partir da medida de seu peso aparente em imersão. A análise permitiu inferir se o material era de fato ouro, com base na comparação entre a densidade experimental e a densidade de referência do metal.
- No segundo experimento, construiu-se uma balança de empuxo artesanal utilizando materiais simples, como garrafa PET, fluido colorido e fita milimetrada. O objetivo foi verificar se a variação do nível do fluido deslocado poderia ser utilizada como referência para estimar a massa de diferentes corpos apoiados sobre o sistema flutuante.
- No terceiro experimento, analisou-se o comportamento de corpos com diferentes densidades ao serem imersos em um mesmo fluido. A observação permitiu verificar os critérios de flutuação, afundamento ou equilíbrio estático, relacionando diretamente a densidade dos corpos à fração submersa e ao empuxo recebido.
- No quarto experimento, investigou-se a influência do empuxo em sistemas compostos. Foram comparadas duas situações: na primeira, uma pedra foi imersa diretamente no fluido; na segunda, a mesma pedra foi colocada sobre um pote flutuante. O experimento permitiu observar como a distribuição da massa afeta o volume deslocado e o nível do fluido, mesmo quando a pedra não está em contato direto com o líquido.

Através dessas práticas, é possível compreender na prática conceitos centrais da mecânica dos fluidos, utilizando ferramentas simples e observações diretas para reforçar a teoria com aplicação experimental.

2. DEMONSTRAÇÃO 1: Princípio de Arquimedes - Peso de “Ouro”

2.1. METODOLOGIA

Para a realização do experimento foram utilizados: duas balanças (uma suspensa e outra eletrônica), um jarro com água e três pesos, dois de densidade conhecida e o material misterioso (“ouro”). A massa do material misterioso foi registrada através da balança suspensa.

Então, utilizando uma régua, foi registrado a altura da água antes e depois de colocarmos cada peso dentro da água para que assim pudéssemos ter um registro de quanto de água foi deslocada à medida em que os pesos fossem submersos.

Também foi registrado a alteração da massa na balança suspensa a partir do momento em que o material era colocado na água, observando também a alteração da massa na balança eletrônica.

2.2. RESULTADOS

Um dos resultados que se buscava encontrar era: determinar qual material é feito o peso de nome ouro. Para tal utilizamos do princípio de Arquimedes, que diz que um corpo imerso num fluido sofre um empuxo que é igual ao peso do volume de fluido deslocado pelo corpo. A razão entre o peso do corpo e o empuxo sobre ele exercido pelo fluido é igual à densidade do corpo relativa à do fluido:

$$\frac{\text{peso do corpo}}{\text{empuxo}} = \frac{\text{densidade do corpo}}{\text{densidade da água}} \quad (3)$$

Sabemos a partir da medida ilustrada nas imagens 1 e 2 que a altura de água sem objetos é 16,8 cm e a com o objeto é 21,47, logo a altura deslocada pelo objeto de volume conhecido é: $21,47 \text{ cm} - 16,8 \text{ cm} = 4,67 \text{ cm}$. A partir desse fato, podemos implicar que para o volume de 702 cm^3 a altura deslocada é 4,67 cm.

Figuras 1-3: Medidas da altura da água.



Fonte: Autoria própria.

E assim relacionar a altura deslocada pelo objeto de volume desconhecido “ouro”, medida ilustrada na imagem 3, este ao ser afundado na água desloca uma altura de 1,2cm (18.0 cm - 16.8cm) logo:

$$\frac{702 \text{ cm}^3 \cdot 1,2 \text{ cm}}{4,67 \text{ cm}} = 180,4 \text{ cm}^3 \quad (4)$$

Assim, podemos concluir que o volume deslocado de água é $\approx 180,4 \text{ cm}^3$.

Usando a equação X foi calculado o empuxo:

$$E = \rho \cdot V \cdot g = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 180,4 \text{ cm}^3 \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1,758 \text{ N} \quad (5)$$

A partir disso e da equação 5 podemos calcular a densidade do objeto “ouro”:

$$\frac{\text{peso do corpo}}{\text{empuxo}} = \frac{\text{densidade do corpo}}{\text{densidade da água}} \Rightarrow \frac{1,150 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{1,758 \text{ N}} = \frac{\text{densidade do corpo}}{997 \text{ kg/m}^3}$$

$$\Rightarrow \text{densidade do corpo} = 6.391,46 \text{ kg/m}^3 \approx 6,4 \text{ g/cm}^3$$

A partir de tal densidade e da aparência do material, concluímos que este pode ser Zircônio,

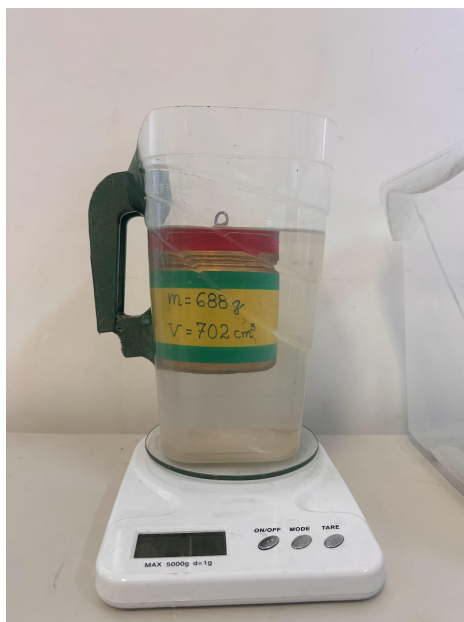
“O zircônio é um metal cinza prateado, que pode ocorrer na tonalidade azul escura, dúctil, refratário, com elevada resistência à tração, alta dureza e resistente à corrosão. Na tabela periódica de elementos químicos, está situado no grupo IV e tem as seguintes características: símbolo, Zr; número atômico (Z), 40; massa atômica (MA), 91,224 u; massa específica, 6,4 g/cm³.” (SILVA, 2001, p. 1).

Há outros materiais que possuem densidade semelhante à encontrada, porém suas características físicas não são semelhantes.

Outro resultado a ser discutido é a resultante das forças que agem sobre os pesos na jarra de água, estes sofrem ações de duas forças principais: peso ($P = m \cdot g$) e empuxo ($E = \rho_{\text{água}} \cdot V_{\text{deslocado}} \cdot g$) (NUSSENZVEIG, 1996). A força resultante que age sobre o objeto dentro da água é: $F_{\text{res}} = P - E$ (NUSSENZVEIG, 1996).

Com isso analisaremos os três casos separadamente, o objeto “ouro” afunda, com isso implica-se que $P > E$, já o objeto de massa 1337g e densidade 702 cm³ também afunda portanto $P > E$. O último objeto, porém, de massa 688g e 702 cm³ fica totalmente submerso, logo $P = E$ (NUSSENZVEIG, 1996).

Figura 4: objeto de 688g de massa



Fonte: Autoria própria.

2.3. DISCUSSÃO

A partir da análise dos dados, o grupo conclui que o mais provável material do objeto “ouro” é o zircônio, porém de acordo com a tabela de densidades encontrada no livro Termodinâmica, há alguns materiais com densidade semelhante à calculada, por exemplo: Liga de alumínio com zinco 10-5: 6.3, Antimônio: 6.62, Vanádio: 6.11, Ferro fundido cinza (aço): 6.6-7.4 (ÇENGEL; BOLES, 2013). Como não temos acesso a cor real do objeto pois este estava pintado de dourado, há incerteza no resultado.

Erros nas medidas podem influenciar o resultado final e também erros nas contas para tratamento dos dados, por isso o resultado apresentado é somente uma aproximação. Para que o resultado encontrado tenha mais precisão é necessário mais medidas

2.4. CONCLUSÃO

A partir do experimento realizado foi possível compreender as aplicações do princípio de Arquimedes para determinação de algum material e a compreensão das forças atuantes nos objetos imersos. Para que os resultados tenham valores mais precisos o experimento deve ser realizado mais vezes.

3. DEMONSTRAÇÃO 2: Balança de Empuxo

3.1. METODOLOGIA

O experimento utilizou dois objetos principais para construir o sistema de estudo, sendo estes: um recipiente de plástico preenchido com um fluido desconhecido de coloração avermelhada; e uma garrafa plástica preenchida com ar, com um prato plástico colado em sua superfície superior, o qual simula um prato de uma balança/ para que diversos objetos consigam ser posicionados acima da garrafa, formando o corpo “garrafa + prato”. Em seguida, o recipiente ‘garrafa + prato’ foi imerso no recipiente com o fluido avermelhado, sendo possível observar o comportamento do fluido somente com o objeto ‘garrafa + prato’ imerso no recipiente, com este sistema podendo ser observado na **figura X**.

Figura X: Sistema formado pelo recipiente com o fluido e o corpo ‘garrafa + prato’.



Fonte: Autoria própria.

O sistema visto anteriormente na figura X, pode ser utilizado para simular a funcionalidade de uma balança, pois o recipiente contendo o fluido possui uma **fita medidora** em sua superfície, a qual é usada para medir unidades de medida de massa, com a unidade de medida sendo igual a gramas (g), com o início da fita marcado pelo traço indicativo descrevendo 0 g e o traço indicativo final descrevendo 1300 g, esta fita foi subdividida em intervalos de variação de 50 g (**Figura Y**). A medida inicial da fita, ou seja, o traço inicial 0 g, indica a posição em que o menisco do fluido se encontra quando o recipiente está livre de qualquer objeto imerso no líquido (Figura Y).

Figura Y: Traço indicativo inicial 0 g e as subdivisões de 50g na fita medidora colada ao recipiente.



Fonte: Autoria própria.

A partir da medida inicial de 0 g, tornou-se possível mensurar a massa do volume deslocado do fluido conforme o corpo ‘garrafa + prato’ é imerso no fluido, como mostrado na figura X, nesta imagem observa-se que o menisco do fluido atinge a marcação 50 g da fita métrica.

Após esta primeira inferência no deslocamento do fluido, realizou-se cinco inferências distintas no deslocamento do líquido observado. Estas novas medidas tomadas foram realizadas por meio da variação da massa do corpo ‘garrafa + prato’, com tal mudança feita através da adição de diferentes objetos no prato anexado a garrafa, sendo estes posicionados individualmente e um por vez, a fim de comparar a alteração que cada objeto causaria no deslocamento do fluido em função da diferença de massa de cada objeto. Foram utilizados seis objetos distintos para realizar a observação descrita anteriormente, sendo estes: um disco maciço de 500 g (Figura Z), um HD e quatro celulares de massas distintas, com cada aparelho telefônico pertencente a cada integrante do grupo que compôs a atividade prática.

Figura Z: Disco maciço de 500 g.

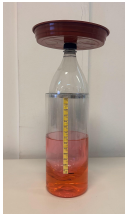


Fonte: Autoria própria.

3.2. RESULTADOS

~~Após a realização de todo o procedimento manual descrito na seção anterior,~~ foi possível observar a variação no deslocamento do menisco do líquido avermelhado conforme ocorreu o posicionamento de ~~cada objeto adicionado ao corpo ‘garrafa + prato’, os dados obtidos durante o procedimento realizado~~ podem ser observados no quadro a seguir (Quadro W).

Quadro W: Medidas observadas no sistema com variação na massa do corpo ‘garrafa + prato’.

Objeto	Disco 500 g	HD	Celular 1	Celular 2	Celular 3	Celular 4
Sistema observado após a adição do objeto						
Marcação do menisco do fluido na fita medidora	550 g	700 g	300 g	200 g	300 g	300 g

Fonte: Autoria própria.

~~A partir dos dados coletados durante a atividade prática e apresentados anteriormente nesta seção,~~ elaborou-se a tabela M, na qual todos os dados mensurados foram exibidos de forma resumida.

Tabela M: Dados coletados durante o experimento.

Dados coletados durante o experimento						
Marcação do menisco do fluido na fita medidora (Corpo: ‘garrafa + prato’)	50 g					
Objeto	Disco 500 g	HD	Celular 1	Celular 2	Celular 3	Celular 4

Marcação do menisco do fluido na fita medidora (Corpo: 'garrafa + prato' + Objeto)	550 g	700 g	300 g	200 g	300 g	300 g
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Fonte: Autoria própria.

3.3. DISCUSSÃO

A partir da realização da atividade prática, foi possível observar que os dados obtidos seguem o que é previsto pelo Princípio de Arquimedes. Isso pode ser percebido na marcação de 550 g observada quando o disco de 500 g foi posicionado sobre o sistema "garrafa + prato", que já causava um deslocamento de 50 g do fluido. Essa soma mostra que a balança de empuxo construída é capaz de indicar com certa precisão a variação da massa adicionada.

Os valores observados para os celulares e para o HD também indicam coerência com a expectativa. O HD apresentou uma marcação de 700 g, indicando uma massa aproximada de 650 g, considerando os 50 g iniciais do sistema. No caso dos celulares, três deles apresentaram a mesma marcação (300 g), e um deles deslocou menos fluido (200 g). Isso pode indicar que os três celulares têm massas semelhantes, enquanto o outro é consideravelmente mais leve.

É importante destacar algumas limitações do experimento, principalmente no que se refere à precisão da fita medidora. A fita utilizada possuía marcações com intervalos de 50 g, o que pode dificultar a percepção de pequenas variações de massa. Além disso, o posicionamento dos objetos no prato e a estabilidade da garrafa durante a imersão podem ter influenciado os dados obtidos. Fatores como leitura incorreta do menisco ou leve inclinação da estrutura também podem ter interferido nas medidas.

Ainda assim, a distribuição de massas entre os celulares mostrou que a balança construída conseguiu identificar diferenças entre os objetos, mesmo que dentro de uma faixa de variação relativamente ampla. A atividade permitiu perceber de forma visual o deslocamento do fluido e a atuação da força de empuxo, reforçando o conceito estudado.

3.4. CONCLUSÃO

A realização da atividade prática com a balança de empuxo permitiu visualizar de maneira clara e didática o funcionamento do empuxo e sua relação com o volume de fluido

deslocado. Por meio da construção de um sistema simples, foi possível estimar massas de diferentes objetos com base no deslocamento do fluido colorido dentro do recipiente.

Os dados obtidos se mostraram coerentes com a teoria estudada, confirmando a aplicação do Princípio de Arquimedes. A atividade também permitiu discutir limitações do experimento, como a precisão das medições e a estabilidade do sistema, além de mostrar como pequenas variações podem afetar os resultados.

Por fim, a construção da balança artesanal se mostrou eficiente para fins didáticos e experimentais, promovendo uma melhor compreensão dos conceitos de empuxo, densidade e equilíbrio de forças em fluidos.

4. DEMONSTRAÇÃO 3: Princípio de Arquimedes - Garrafas

4.1. METODOLOGIA

Na execução do deste experimento foi utilizada uma garrafa pet de superfície lisa, transparente e uniforme, sem grandes deformações, nela foram colocados dois bonecos e foi preenchida completamente com água.

Inicialmente, para os bonecos foram utilizadas duas silhuetas de vidro de tamanho similar, a primeira estava quase totalmente ocupada por um líquido mais denso que a água sendo o restante do espaço ocupado pelo próprio ar. Já a segunda, estava parcialmente preenchida por água com o ar completando a ocupação do espaço; assim, ela possuía mais ar que a primeira.

~~Tendo ambos os bonecos prontos, eles foram colocados na garrafa e nela foi colocada água e em seguida foi tampada obtendo o resultado da fotografia 2.1.~~



Fotografia 2.1: Autoria própria.

4.2. RESULTADOS

Ao apertar a garrafa, foi observado que a intensidade da força exercida sobre ela era proporcional ao quanto o boneco que estava na superfície afundaria, podendo chegar ao fundo da garrafa, o que pode ser visto na fotografia 3.1. Ademais, o boneco com o líquido mais denso, não saiu do fundo apenas com a pressão exercida na garrafa, sendo necessário puxá-lo com o auxílio do corpo que flutuava.



Fotografia 3.1: Autoria própria.

4.3. DISCUSSÃO

A partir do observado e dos conceitos introduzidos, tenho que o boneco com água e ar tem uma densidade média menor que a da água, ou seja, ele é menos denso que o meio no qual está inserido, isso faz com que ele não afunde muito. Já o com o líquido mais denso, tem uma densidade média maior que aquela do seu meio, de modo que ele afunda.

Tal relação causal entre densidade e o quanto o corpo afunda é justificado pela dinâmica entre peso e empuxo, tendo peso como $P=m \cdot g$ (m como massa e g com gravidade), a gravidade é constante nesse experimento, porém, a massa varia, já que o boneco mais cheio de líquido mais denso apresenta um m maior e, portanto, um peso maior. Para empuxo tenho que $E=p \cdot V \cdot g$, como p , V e g são constantes para os dois bonecos, já que o meio é o mesmo e ambos estão submersos.

Assim, tenho que a força vertical resultante no boneco é a variação F entre E e P , estabelecendo o referencial no sentido do empuxo, a variação é $F=E-P$. Voltando ao líquido presente nos bonecos, a silhueta com o água e ar tem uma densidade média menor que a da água - já que parte de sua composição é ar que tem baixa densidade - tendo um $P < E$, com uma força resultante para cima, que o faz tender a flutuar. A segunda vidraria é composta em grande quantidade por um líquido mais denso que o meio, tendo uma massa maior e, desse modo, $P > E$, o que resulta em uma F para baixo, o levando a afundar.

Ao apertar a garrafa a água é comprimida, já que o volume da garrafa diminui, dessa maneira o boneco mais leve afunda, afinal, sua densidade fica alta em relação à água de seu

meio e o empuxo passa a ser menor que o peso, pois P não é alterado, enquanto E varia com a alteração da densidade do meio. A silhueta mais densa tem um $E < P$, por isso ela não passa a flutuar, já que com a alteração do volume E diminui, tendo que $E < P$, ou seja, o empuxo da água é ainda menor que o peso do boneco.

4.4. CONCLUSÃO

Em suma, ao analisar o comportamento do Princípio de Arquimedes é descrito por $E = \rho \cdot V \cdot g$, em dois bonecos com diferentes densidades médias em um meio composto por água em uma garrafa, obtive que a vidraria com a menor densidade tende a se manter no topo da garrafa por apresentar $E > P$. Ao apertar a garrafa há uma alteração na densidade do meio, devido a alteração do volume da garrafa, de modo que o E diminui, tendo $E < P$ e a silhueta afunda.

~~Enquanto, aquela com maior densidade sempre se mantém ao fundo da garrafa, pois tem seu $E < P$ no contexto inicial, com a variação de V e a diminuição de E , tenho que a relação $E < P$ é mantida. Assim, é possível observar que o empuxo diminui quando seu ρ também varia.~~

5. DEMONSTRAÇÃO 4: Gangorra

5.1. METODOLOGIA

O experimento envolveu o uso de uma pedra irregular média, um pedaço fino de madeira, um retângulo de plástico, um pote pequeno de vidro, e água. ~~Utilizando os materiais fornecidos pelo laboratório de física Novo Milênio, da Universidade de São Paulo, para a análise do caso descrito,~~ montamos a seguinte situação: o retângulo foi preenchido até aproximadamente 1 cm do topo com água, e colocado em cima do pedaço de madeira, que atua como um ponto de equilíbrio para o esquema; ~~partindo daí,~~ foram realizados dois procedimentos, separadamente:

- 1) A pedra foi colocada na extremidade direita do retângulo;
- 2) O pote com a pedra dentro foram colocados na extremidade direita do retângulo;

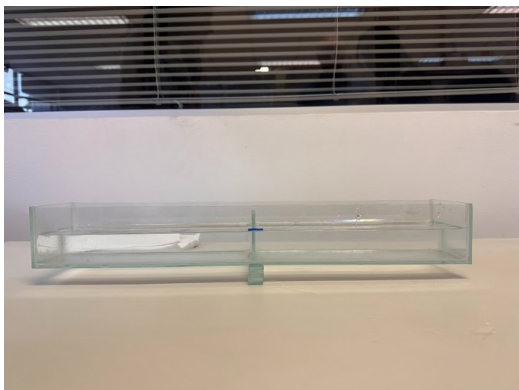
Para registro dos dados analisados, nesse caso se tratando do efeito perceptível ocorrido em cada um dos casos, foram feitas fotos para registrar, tiradas paralelamente ao referencial do retângulo. Ademais, o experimento foi realizado duas vezes, a primeira para observação e levantamento de hipóteses sobre o ocorrido, e a segunda para confirmação e registro dos fenômenos. ~~Como o intuito é uma discussão sobre o porquê tais comportamentos ocorrem, e não algo efetivamente quantitativo, os erros foram calculados pela repetição do experimento e verificação do mesmo resultado.~~

5.2. RESULTADOS

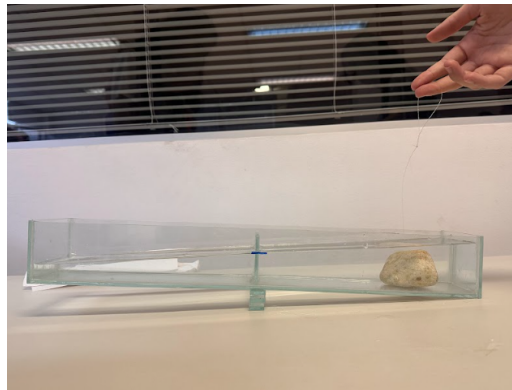
Foram observados resultados distintos para cada experimento. A situação 1, de ~~adição da pedra na extremidade direita do retângulo,~~ fez com que este pendesse para a direita, desequilibrando o sistema inicial, como observado na imagem 2. Já no segundo cenário, ~~de~~ ~~adição do pote com a pedra,~~ o retângulo permaneceu equilibrado, com a consequência perceptiva sendo o pote se encher da água do retângulo, permanecendo meio acima e meio abaixo desta, a pedra em seu interior, como visto na imagem 3.

Imagem 1: experimento em equilíbrio.

Imagem 2: situação 1.



Fonte: Autoral.



Fonte: Autoral.

Imagem 3: situação 2



Fonte: Autoral.

5.3. DISCUSSÃO

Na primeira situação, a força agindo no sistema é a força peso, para baixo, e a força do empuxo para cima. Pela expressão 3, o empuxo é dependente da densidade do fluido e da gravidade, que por serem constantes em ambos os experimentos podemos desconsiderar, e do volume de líquido deslocado pelo objeto, que nesse caso inicial é o próprio volume da pedra. Como observado, a pedra afunda até o fundo, desequilibrando a ‘gangorra’ e demonstrando que o peso é maior que o empuxo.

No segundo exemplo, com o pote de vidro, as mesmas três forças agem: gravidade, densidade do fluido, e volume deslocado. A diferença observada no resultado final é proveniente do volume deslocado, que agora envolve o pote. Tal medida, que inicialmente era apenas a pedra, agora consiste na soma do volume da pedra + volume do pote + volume

do ar dentro do pote. Nesse caso, como tal volume aumentou, ele gera um empuxo maior, que é capaz de compensar o peso de ambos e manter o sistema em equilíbrio, como mostra a imagem 3.

Tais observações condizem com o previsto de que caso $E = P$, o objeto permanecerá parado, pois á equilíbrio; caso $E > P$, o objeto será elevado à superfície; e se $E < P$, o objeto afundará.

5.4. CONCLUSÃO

Dessa forma, através de um simples experimento de adicionar dois objetos em um fluido, nesse caso a água, é possível perceber que o fato de um objeto afundar ou não depende não somente de seu peso, mas do empuxo exercido sobre esse, o qual leva em conta o volume que o objeto desloca do fluido.

Para explorar mais os conceitos abordados, poderia ser feito o mesmo experimento com o pote fechado, demonstrando diferentes densidades e equilíbrios.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GODOI, Pollianna J. P M.; ASSUNÇÃO, Germano S C. Mecânica dos fluidos. Porto Alegre: SAGAH, 2019. E-book. p.69. ISBN 9788595028494. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595028494/ . Acesso em: 06 abr. 2025.
The Editors of Encyclopaedia Britannica. "Newton's laws of motion". Encyclopedia Britannica, 13 Feb. 2025, https://www.britannica.com/science/Newtons-laws-of-motion . Accessed 5 April 2025.
HALLIDAY, D <i>et al.</i> Física 2 . 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1996.
NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de Física Básica, v. 2:Fluidos, Oscilações e Ondas e Calor . 3. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1996.
SILVA, Mônica Beraldo Fabrício da. Balanço Mineral Brasileiro . Brasília: DNPM, 2001.
ÇENGEL, Yunus; BOLES, Michael. Termodinâmica . 7. ed. [S. L.]: Amgh, 2013.

7. DESAFIOS REALIZADOS EM SALA

O quadro X a seguir é constituído pelas imagens das alunas Carol Carvalho, Carolina Gosling e Giovana Rodrigues realizando o desafio proposto em sala de aula pelo professor Caetano para o experimento “Princípio de Arquimedes - Garrafas”.

Quadro X- Desafio em sala de aula.



Aluna Carol Carvalho



Aluna Carolina Gosling



Aluna Giovana Rodrigues

Fonte: Autoria própria.



Aluna Lia França Marques

Fonte: Autoria própria.