



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas

Cursos de Engenharias

PRÁTICA Nº 2: ESTÁTICA DOS FLUIDOS E A FORÇA DE EMPUXO

Isaac Miranda Camargos	201810484
Naely Garcia Medeiros	202010470
Nataly Souza Moura	202011285
Nicole Maia Argondizzi	201811344

Disciplina: Laboratório de Engenharia Química 1

Professor(a): Marcelo Bacci da Silva

Uberaba - MG

2022

Isaac Miranda Camargos

Naely Garcia Medeiros

Nátaly Souza Moura

Nicole Maia Argondizzi

PRÁTICA Nº 2: ESTÁTICA DOS FLUIDOS E A FORÇA DE EMPUXO

Relatório destinado para a disciplina de Laboratório de Engenharia Química 1 do 6º período do curso de Engenharia Química para fins avaliativos do prof. Dr. Marcelo Bacci da Silva.

Uberaba - MG

2022

RESUMO

Para a determinação da massa específica de um fluido uma das maneiras experimentais aplicáveis, uma delas é através de um experimento de empuxo, no qual aplicamos um material de forma e massa conhecidas, neste caso os materiais utilizados foram respectivamente, um cilindro e uma esfera, ambos seguindo uma triplicata, em meio aquático (água potável), e em meio alcoólico ((álcool 95%) a partir dos dados obtidos, há um gráfico a ser gerado que pode então determinar a massa específica por meio laboratorial, bem como a densidade, imaginando nesse experimento que não se soubesse previamente qual líquido está se trabalhando.

Palavras-chave: massa específica; empuxo; densidade; determinação; experimental;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVOS	7
3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	8
4 METODOLOGIA	8
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	8
6 CONCLUSÃO	14
REFERÊNCIAS	15

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Princípio de Arquimedes, um corpo sólido submerso em um fluido está sujeito a uma força de sustentação, chamada Força de Empuxo (F_E), com módulo igual ao peso do fluido deslocado. A Força de Empuxo é diretamente proporcional à massa específica do fluido em que o corpo está submerso, sendo desprezível quando exercida por gases se comparada à Força de Empuxo exercida por líquidos. Entretanto, a Força de Empuxo ocasionada por gases é responsável por fenômenos importantes, como o deslocamento de massas de ar quente e frio na atmosfera. O Princípio de Arquimedes apresenta várias aplicações, entre elas está a medida de massa específica de líquidos. A referida medição pode ser realizada empregando-se um conjunto contendo uma balança, uma proveta graduada e um corpo sólido, como apresentado na Figura 1.

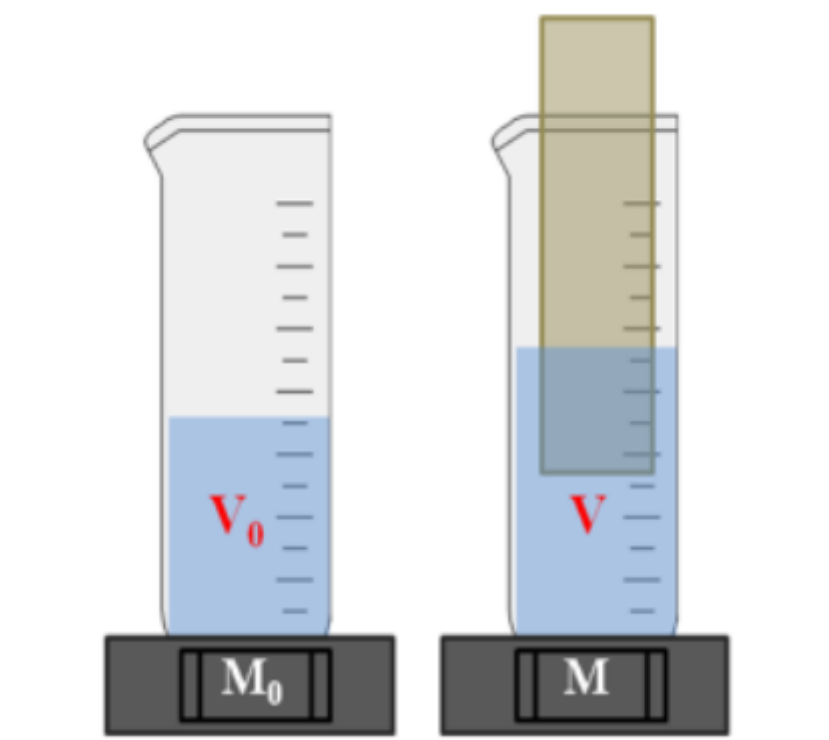


Figura 1: Esquema de balança com provetas graduadas contendo líquido e corpo sólido imerso.

Na Figura 1, uma proveta com certo volume de líquido está sobre uma balança. Se um corpo sólido, de massa m , for imerso parcialmente no líquido (incompressível), e

permanecer estagnado devido à ação da tração T que impede seu movimento descendente, uma porção do líquido, de volume igual ao volume submerso do corpo, será deslocado e o nível de líquido da proveta se elevará. Em uma proveta graduada pode-se determinar, através da nova posição do nível do líquido, o volume deslocado do corpo sólido.

Antes da imersão do corpo sólido no líquido, a balança mede a força de módulo ($F_o = M_o * g$), correspondente ao peso da massa M_o , referente ao conjunto proveta e líquido; sendo g a aceleração da gravidade (10 m/s^2). Após a imersão do corpo, o mesmo sofrerá a ação da Força de Empuxo, direcionada para cima. Segundo a Terceira Lei de Newton, o corpo exercerá sobre o líquido uma força de módulo igual à Força de Empuxo e de sentido contrário à mesma.

Essa força será transmitida à balança, que registra um incremento no peso do conjunto proveta e líquido (massa M). Esse acréscimo no peso aparente do conjunto representa a Força de Empuxo exercida pelo líquido sobre o corpo sólido. A Figura 2 apresenta um diagrama das forças que atuam sobre o corpo sólido e sobre a balança, após a imersão parcial do corpo.

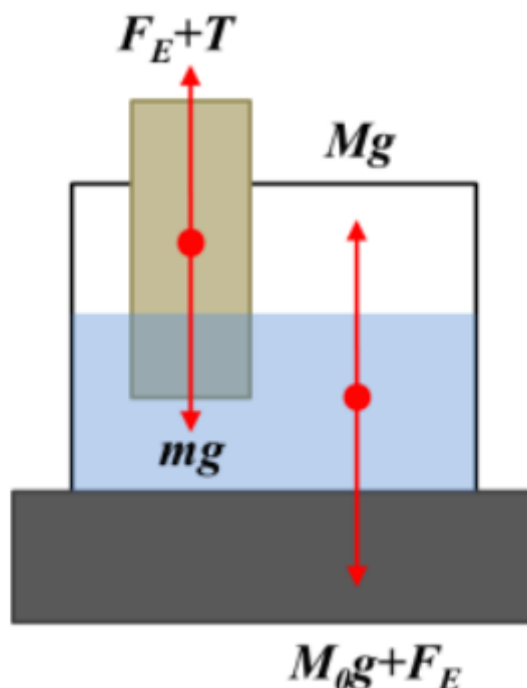


Figura 2: Diagrama de forças atuantes no corpo sólido imerso e na balança contendo a proveta e o corpo sólido.

Se o corpo sólido não estiver imerso no líquido, a balança medirá o peso do conjunto líquido e proveta ($M_o \cdot g$); após a imersão do corpo, o valor da leitura será maior, devido à ação da Força de Empuxo. A força medida após a imersão do corpo é representada pela equação 1.

$$Mg = M_o g + F_E \quad (1)$$

A Força de Empuxo pode ser determinada na leitura da balança, considerando as medidas anteriores e posteriores à imersão parcial do corpo, através da equação 2.

$$\frac{F_E}{g} = (M - M_o) \quad (2)$$

Inicialmente, a proveta continha volume V_o de líquido. Após a imersão parcial do corpo, a leitura da graduação da proveta indica um volume maior, V . Assim, o volume da porção de líquido deslocada pelo corpo sólido será $\Delta V = V - V_o$ e sabe-se que o peso dessa porção de líquido é igual à Força de Empuxo exercida sobre o corpo, conforme Equação 3.

$$\frac{F_E}{g} = \rho(V - V_o) \quad (3)$$

A grandeza $\frac{F_E}{g}$ aparece também na Equação 2, e é calculada pela diferença $\Delta M = M - M_o$. Assim, determina-se o valor da massa específica do líquido, através dos coeficientes angulares da Equação 4.

$$(M - M_o) = \rho(V - V_o) \quad (4)$$

2 OBJETIVOS

Determinar os valores de massa específica dos fluidos analisados, através de medidas de Força de Empuxo exercidas pelos fluidos em corpos sólidos de diferentes formatos.

3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para a realização do experimento, foram utilizados e aplicados, respectivamente, os seguintes materiais e métodos.

- Proveta de 1 L
- Balança
- Água
- Etanol
- Corpo cilíndrico de alumínio
- Corpo esférico de alumínio

4 METODOLOGIA

- 1) Preenche-se a proveta graduada com 500 mL de água;
- 2) Posiciona-se a proveta na balança e registra-se a medida da massa do conjunto proveta e líquido. A proveta permanece sobre a balança;
- 3) Mergulha-se a peça cilíndrica na água, pouco a pouco, de forma a variar a leitura de volume na escala da proveta entre os 500 mL e 800 mL. Utiliza-se variações de volume de 50 mL para obter medidas de 6 diferentes pontos. Realiza-se medidas da massa M em função do volume V de líquido na proveta. Realiza-se às medidas em réplicas;
- 4) Repete-se as medidas, substituindo os 500 mL de água por 500 mL de etanol. Variando o volume de 50 em 50 mL, realiza-se 6 medidas em réplicas;
- 5) Para as medidas com o corpo esférico, a quantidade inicial de líquido na proveta foi de 600 mL. Mede-se 4 diferentes variações de volume (20 mL, 20 mL e por fim 10 mL) e massa. Realiza-se medições em réplicas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

- 1) Mediante os resultados obtidos na prática, relacione em um gráfico, os dados de ($M - M_0$) e ($V - V_0$), de forma a obter a massa específica do líquido estudado.

Por meio da imersão de diferentes volumes de cilindro no álcool foi possível obter os respectivos dados de massa e volume total do álcool na proveta.

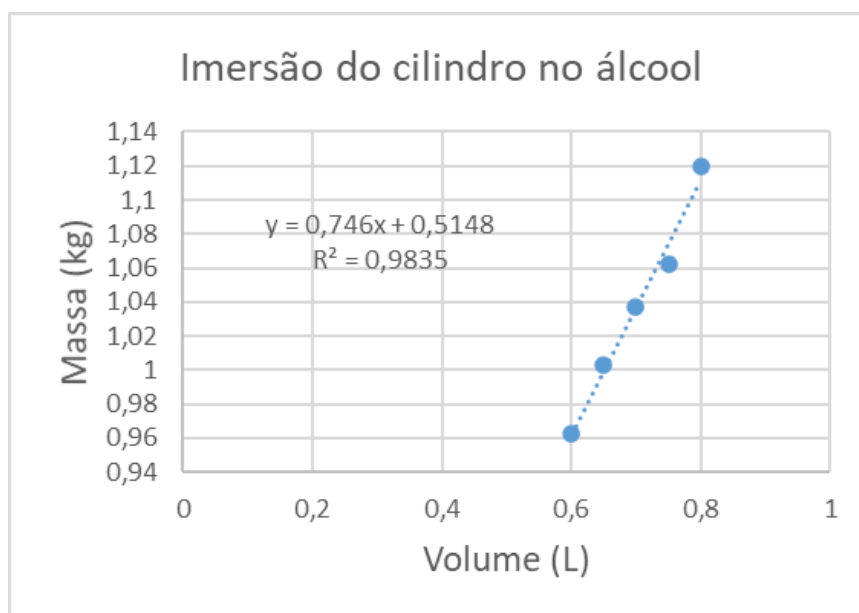
Tabela 1 – Variação de massa e volume do meio alcoólico por meio da imersão do cilindro.

Líquido: Álcool 95% Massa inicial (Mo): 0,96 kg Volume inicial (Vo): 0,6 L	
Volume (L)	Massa (Kg)
0,60	0,96
0,65	1,00
0,70	1,04
0,75	1,06
0,80	1,12

Fonte: Dos autores, 2023.

Observou-se que os dados variaram de maneira linear. Desse modo, foi construído o gráfico, Gráfico 1, que relaciona a variação de massa e volume, na sequência foi realizada a regressão linear e a partir da inclinação do gráfico foi obtido a densidade do álcool igual a 0,746 kg/L.

Gráfico 01: imersão do cilindro em meio alcoólico.



Fonte: Dos autores, 2023.

Ademais, foram realizadas sucessivas imersões do cilindro em meio aquoso e por meio dessas foram coletados dados acerca da massa e volume da proveta.

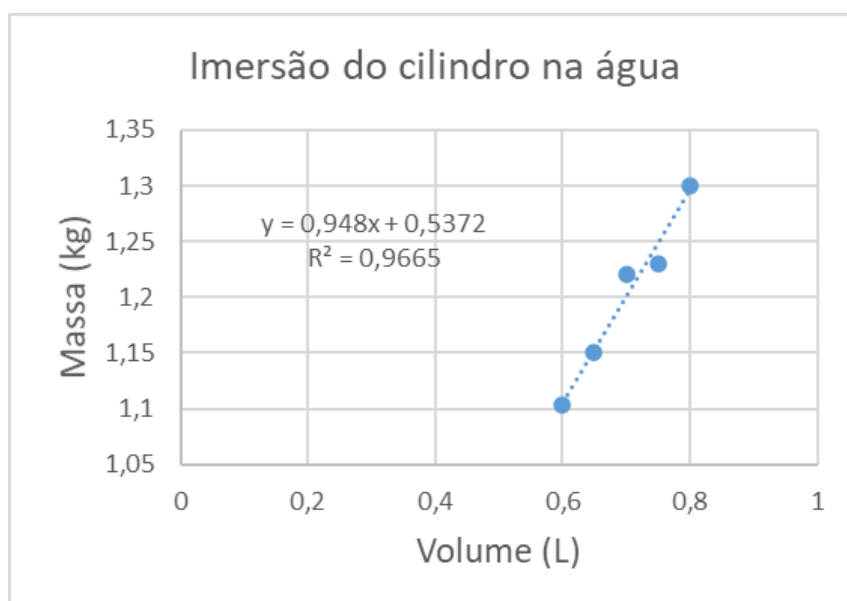
Tabela 2 – Variação de massa e volume do meio

Líquido: Água potável Massa inicial (M_o): 1,103 kg Volume inicial (V_o): 0,6 L	
Volume (L)	Massa (Kg)
0,60	1,103
0,65	1,150
0,70	1,221
0,75	1,230
0,80	1,300

Fonte: Dos autores, 2023.

Com os dados obtidos foi construído o gráfico, Gráfico 2, que relaciona a variação de massa e volume, na sequência foi realizada a regressão linear e a partir da inclinação do gráfico foi obtido a densidade da água igual 0,948 kg/L:

Gráfico 02: imersão do cilindro em meio aquoso.



Fonte: Dos autores, 2023.

Em seguida, o experimento com o meio alcoólico se repetiu com a substituição do corpo cilindro pelo corpo esférico, sendo coletado os dados de volume e massa do conjunto líquido e proveta.

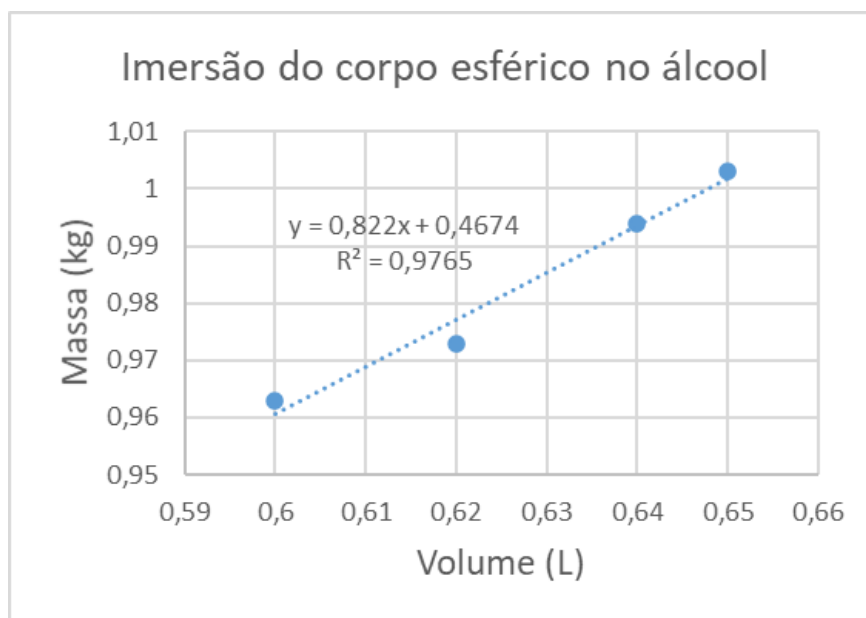
Tabela 3 – Variação de massa e volume do meio alcoólico por meio da imersão do corpo esférico.

Líquido: Álcool 95% Massa inicial (Mo): 0,963 kg Volume inicial (Vo): 0,6 L	
Volume (L)	Massa (Kg)
0,60	0,96
0,62	0,97
0,64	0,99
0,65	1,00

Fonte: Dos autores, 2023.

Um menor número de medições foi realizado devido às dimensões inferiores do corpo esférico. Foi construído o gráfico, Gráfico 3, e realizada a regressão de linear, sendo obtida a densidade do álcool igual a 0,822 kg/L. O valor se difere do valor obtido no experimento realizado com o cilindro, sugerindo possíveis erros de medições durante o experimento.

Gráfico 03: imersão do corpo esférico em meio alcoólico.



Fonte: Dos autores, 2023.

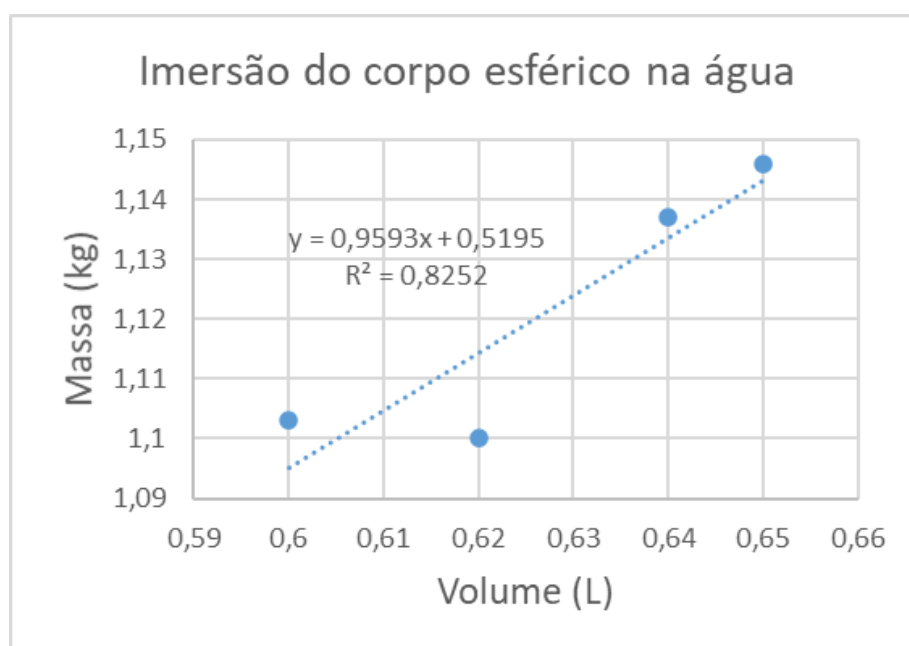
Por fim, o experimento com o meio aquoso se repetiu com a substituição do corpo cilindro pelo corpo esférico, sendo coletado os dados de volume e massa do conjunto líquido e proveta.

Tabela 4 – Variação de massa e volume do meio aquoso por meio da imersão do corpo esférico.

Líquido: Água potável Massa inicial (M_0): 1,103 kg Volume inicial (V_0): 0,6 L	
Volume (L)	Massa (Kg)
0,60	1,10
0,62	1,10
0,64	1,14
0,65	1,15

Fonte: Dos autores, 2023.

Gráfico 04: imersão do corpo esférico em meio aquoso.



Fonte: Dos autores, 2023.

Por causa do tamanho reduzido do objeto esférico, foram realizadas menos medições. O Gráfico 4 foi criado e uma análise de regressão linear foi feita,

resultando em uma densidade da água de 0,9593 kg/L. Este valor é diferente do obtido no experimento com o cilindro, porém distando apenas 0,0113.

2) Se corpos sólidos com os mesmos formatos e volume, porém constituídos de outro material, com densidade igual ao dobro da densidade do alumínio, fossem imersos nos líquidos analisados, os resultados de massa específica dos líquidos seriam distintos? Explique

Os resultados obtidos se manteriam os mesmos independentemente da densidade dos sólidos que fossem imersos.

Isso ocorre devido a natureza da força empuxo, fenômeno este que depende exclusivamente da densidade do fluido e da aceleração da gravidade em questão, desse modo, é possível chegar a expressão $(M - Mo) = \rho(V - Vo)$ onde não se há relação à densidade do sólido.

3) Caso um terceiro corpo sólido fosse utilizado no experimento, um corpo cilíndrico de alumínio de diâmetro igual à metade do diâmetro do corpo empregado, a Força de Empuxo atuante no corpo imerso seria diferente? Explique.

Sim, a força de empuxo seria diferente, para ser específico ela seria menor. Este fenômeno ocorre devido a força empuxo ser diretamente proporcional ao volume de fluido deslocado, segundo a expressão definida pelo Princípio de Arquimedes:

$$F_e = p_f V_{\text{deslocado}} g \quad (5)$$

Neste contexto, segue-se a demonstração de quantas vezes a força de empuxo no cilindro um seria superior a força de empuxo no cilindro de diâmetro igual a metade do diâmetro empregado, considerando ambos completamente submersos: ($D_2 = D/2$)

$$V_{\text{cilindro}} = \frac{\pi D^2}{4} h \quad F_{e, \text{cilindro}} = p_f \frac{\pi D^2}{4} h g \quad (6)$$

$$V_{\text{cilindro}, 2} = \frac{\pi D_2^2}{4} h = \frac{\pi D^2}{16} h \quad F_{e, \text{cilindro}, 2} = p_f \frac{\pi D^2}{16} h g \quad (7)$$

Desse modo, chegamos que a força de empuxo $F_{e, cilindro, 2}$ do cilindro de menor diâmetro é quatro vezes menor que a força de empuxo do cilindro empregado:

$$F_{e, cilindro, 2} = \frac{F_{e, cilindro}}{4} \quad (8)$$

6 CONCLUSÃO

É possível dizer com base no experimento que é realizável determinar a densidade de um fluido em relação a força de empuxo, no entanto houve algumas variações na densidade quando os corpos de formato diferentes foram trocados, essa diferença é devida a variação de temperatura da água durante a experimentação pois o experimento não foi realizado em um ambiente de temperatura controlado, e a erros instrumentais.

REFERÊNCIAS

BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Fenômenos de Transporte**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2a Edição, 2012.

WHITE, F. M. **Mecânica dos Fluidos**. Porto Alegre: McGraw-Hill, Bookman, AMGH Editora Ltda, 6a Edição, 2011.