



Universidade de Brasília
Instituto de Física
Física Experimental 1

Relatório 01:
Medidas e Erros

Turma 27
Grupo: 02

Anthony Ribeiro Rocha	Mat:22/2014840
Francisco Ribeiro de Souza Campos	Mat:22/2014590
Pedro de Lacerda Rangel	Mat:24/1027072

Professor:
Jailton Correia Fraga Junior

30 de novembro de 2024

1 Objetivos

O experimento teve como objetivo determinar a densidade de três objetos distintos: uma chapa metálica, uma chapa acrílica e um cilindro metálico. Para isso, foi realizada a medição da massa de cada objeto utilizando uma balança digital Acculab Vt2000 e das dimensões com instrumentos adequados, sendo eles um paquímetro da marca Somet e um micrômetro da marca Mitutoyo. As ferramentas foram selecionadas de acordo com as características geométricas de cada objeto. A partir das medidas obtidas, aplicou-se o método de propagação de erros para estimar a densidade dos materiais com a devida consideração das incertezas envolvidas. Este procedimento visou demonstrar a importância da análise de erros em medições físicas, garantindo maior precisão e confiabilidade nos resultados obtidos.

2 Materiais

1. Placa Metálica
2. Placa Acrílica
3. Cilindro metálico
4. Balança Digital Acculat VT200
5. Paquímetro Somet
6. Micrômetro Mitutoyo
7. Python

3 Introdução

A densidade (ρ) é uma propriedade física definida como a razão entre a massa (m) de um objeto e seu volume (V) [Resnick e Halliday 2002], expressa pela equação 1:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Esse conceito é amplamente utilizado para descrever quantitativamente como a matéria está distribuída em um objeto ou material. Sua determinação requer medições precisas de massa e volume, sendo este último calculado a partir das dimensões do objeto.

Em experimentos científicos, é essencial considerar que toda medição está sujeita a incertezas, representadas na forma $A = \bar{A} \pm \Delta A$, em que \bar{A} é o valor médio aritmético das medições, sendo a fórmula apresentada na equação 2, e ΔA é o erro experimental. Esse erro é composto por dois elementos: o erro aleatório, calculado como o desvio-padrão da média ($\sigma_{pm} = \frac{\sigma_m}{\sqrt{n}}$, onde (σ_m) é o desvio padrão, sendo a fórmula apresentada na equação 3, e n é o número de medições) [Devore 2006], e o erro instrumental, que depende do tipo de instrumento utilizado. Para instrumentos analógicos, o erro instrumental equivale à metade da menor divisão da escala, enquanto, para instrumentos digitais, é igual à menor divisão exibida.

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

Além disso, ao calcular grandezas derivadas de múltiplas medições, é necessário aplicar os princípios de propagação de erros, garantindo que as incertezas das medições sejam refletidas no resultado final. As regras básicas para a propagação de erros incluem:

1. Soma e subtração:

$$\begin{aligned} C &= (\bar{A} \pm \Delta A) \pm (\bar{B} \pm \Delta B), \\ C &= \bar{C} \pm \Delta C, \\ \Delta C &= \Delta A + \Delta B. \end{aligned} \tag{4}$$

2. Multiplicação:

$$\begin{aligned} C &= (\bar{A} \pm \Delta A) \cdot (\bar{B} \pm \Delta B), \\ C &= \bar{C} \pm \Delta C, \\ \Delta C &= \Delta A \cdot \bar{B} + \Delta B \cdot \bar{A}. \end{aligned} \tag{5}$$

3. Divisão:

$$\begin{aligned} C &= \frac{\bar{A} \pm \Delta A}{\bar{B} \pm \Delta B}, \\ C &= \bar{C} \pm \Delta C, \\ \Delta C &= \frac{1}{\bar{B}} \cdot \Delta A + \frac{\bar{A}}{\bar{B}^2} \cdot \Delta B. \end{aligned} \tag{6}$$

Tendo como base esses conceitos, neste experimento, foram determinadas as densidades de três objetos distintos – uma chapa metálica, uma chapa acrílica e um cilindro metálico – com base em medições de massa e dimensões realizadas com instrumentos apropriados

4 Procedimento e análise de dados

O experimento foi conduzido com o objetivo de determinar a densidade de três objetos: uma chapa metálica, uma chapa acrílica e um cilindro metálico. Para a medição da massa e do volume dos objetos, adotou-se um protocolo específico que envolveu a repetição das medições para garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados.

As medições de massa foram realizadas utilizando uma balança digital de alta precisão (Acculab VT2000). As massas obtidas foram registradas em na tabela 1, a qual foi preenchida com os valores de cada uma das cinco medições para os três objetos.

Massas (g)			
n	Chapa Metálica	Chapa Acrílica	Cilindro Metálico
1	25.4	9.8	8.2
2	25.6	9.8	8.2
3	25.6	9.8	8.2
4	25.7	9.8	8.2
5	25.6	9.8	8.2

Tabela 1: Tabela das massas

A seguir, as medições das grandezas geométricas necessárias para calcular o volume dos objetos foram realizadas. Para as chapas metálica e acrílica, as dimensões de comprimento, largura e espessura foram obtidas utilizando-se um paquímetro de precisão da marca Somet e um micrômetro da marca Mitutoyo. Para o cilindro metálico, as dimensões de comprimento (ou altura) e diâmetro da base (ou largura) foram medidas com o paquímetro.

O comprimento e a largura das chapas foram definidos pela maior e menor dimensão das placas, respectivamente, enquanto a altura do cilindro foi considerada como comprimento e o diâmetro da base como largura.

As medições das grandezas geométricas também foram repetidas cinco vezes, e os valores obtidos foram registrados em tabelas separadas para cada grandeza: comprimento na tabela 2, largura na tabela 3 e espessura na tabela 4, sendo a espessura medida apenas nas chapas.

Comprimento (cm)			
n	Chapa Metálica	Chapa Acrílica	Cilindro Metálico
1	4.0	5.8	4.9
2	4.0	5.8	4.9
3	4.0	5.8	5
4	4.0	5.8	4.9
5	4.0	5.8	5

Tabela 2: Tabela das massas

Largura (cm)			
n	Chapa Metálica	Chapa Acrílica	Cilindro Metálico
1	3.0	4.3	2.0
2	3.0	4.2	2.0
3	3.0	4.3	2.0
4	3.0	4.3	2.0
5	3.0	4.2	2.0

Tabela 3: Tabela das massas

Espessura (cm)		
n	Chapa Metálica	Chapa Acrílica
1	0.30	0.30
2	0.35	0.30
3	0.30	0.30
4	0.33	0.30
5	0.30	0.30

Tabela 4: Tabela das massas

Finalizado o procedimento de medição e a constatação dos erros instrumentais apresentados na tabela a seguir:

Instrumento	Erro instrumental	unidade de medida
Paquímetro	$5 \cdot 10^{-4}$	cm
Micrômetro	$5 \cdot 10^{-5}$	cm
Balança Digital	1	g

Tabela 5: Tabela dos erros instrumentais

seguuiu-se para o cálculo das médias aritméticas das dimensões e das massas, e dos erros experimentais das respectivas grandezas. Para isso, foi utilizado o recurso de programação pela linguagem *Python*, visto que sendo as medições as entradas, os passos necessários para a estimativa das densidades poderiam ser baseados apenas nas operações de função e orientação ao objeto apresentadas no código a seguir:

```
import math

class medida:
    def __init__(self, x, dx):
```

```

        self.x = x
        self.dx = dx
    def __add__(self, outro):
        x = self.x + outro.x
        dx = self.dx + outro.dx
        return medida(x, dx)
    def __sub__(self, outro):
        x = self.x - outro.x
        dx = self.dx + outro.dx
        return medida(x, dx)
    def __mul__(self, outro):
        x = self.x * outro.x
        dx = self.x * outro.dx + outro.x * self.dx
        return medida(x, dx)
    def __truediv__(self, outro):
        x = self.x / outro.x
        dx = (self.dx + self.x / outro.x * outro.dx) / outro.x
        return medida(x, dx)
    def __str__(self):
        return ("{:0:.2f} ± {:1:.2f}").format(self.x, self.dx)

def ler_amostragem(amostra, amostragem, erro_instrumental):
    n = len(amostragem)
    medio = 0
    for valor in amostragem:
        medio += valor
    medio /= n
    desvio = 0
    for valor in amostragem:
        desvio += (valor - medio) ** 2
    desvio /= n * (n - 1)
    print(f"#####_Desvio_{amostra}_#####")
    desvio = math.sqrt(desvio)
    return medida(medio, desvio + erro_instrumental)

# massa m em g, erro balanca digital = 1g
# comprimento x em cm; erro paquimetro = 0,0005cm
# largura y em cm; erro paquimetro = 0,0005cm
# espessura z em cm; erro micrometro = 0,00005cm
# volume v em cm3
# densidade d em g/cm3

# chapa metalica cm
cm_m = ler_amostragem("cm_m", [24.4, 25.6, 25.6, 25.7, 25.6], 1)
cm_x = ler_amostragem("cm_x", [4, 4, 4, 4, 4], 0.0005)
cm_y = ler_amostragem("cm_y", [3, 3, 3, 3, 3], 0.0005)
cm_z = ler_amostragem("cm_z", [0.3, 0.35, 0.3, 0.33, 0.3],
0.00005)
cm_v = cm_x * cm_y * cm_z
cm_d = cm_m / cm_v

# chapa acrilica ca

```

```

ca_m = ler_amostragem("ca_m", [9.7, 9.7, 9.7, 9.7, 9.7], 1)
ca_x = ler_amostragem("ca_x", [5.7, 5.7, 5.7, 5.7, 5.7], 0.0005)
ca_y = ler_amostragem("ca_y", [4.3, 4.2, 4.3, 4.3, 4.2], 0.0005)
ca_z = ler_amostragem("ca_z", [0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3], 0.00005)
ca_v = ca_x * ca_y * ca_z
ca_d = ca_m / ca_v

# tubo metalico tm
tm_m = ler_amostragem("tm_m", [7.2, 7.2, 7.2, 7.2, 7.2], 0.0005)
tm_h = ler_amostragem("tm_h", [4.9, 4.9, 5, 4.9, 5], 0.0005)
tm_r = ler_amostragem("tm_r", [2, 2, 2, 2, 2], 0.0005) /
medida(2, 0)
tm_a = medida(math.pi, 0) * tm_r * tm_r
tm_v = tm_a * tm_h
tm_d = tm_m / tm_v

```

Embora possa existir falta de familiaridade com a codificação apresentada, as fórmulas utilizadas para as operações foram todas as apresentadas anteriormente. Além disso, houve a utilização das duas fórmulas de volume dispostas na equação 7 e na equação 8 a partir da medidas das grandezas geométricas dos objetos.

$$V_{chapa} = comprimento \cdot largura \cdot espessura \quad (7)$$

$$V_{cilindro} = \pi \cdot \frac{\text{diâmetro}}{2} \cdot altura \quad (8)$$

Com a execução do código, foram geradas como saídas: o erro aleatório (desvio-padrão da média), o valor médio mais o erro experimental da massa, do comprimento, da largura, da espessura, do volume e por fim, o da densidade como apresentado no trecho a seguir:

```

##### Desvio cm_m #####
0.24576411454889058
##### Desvio cm_x #####
0.0
##### Desvio cm_y #####
0.0
##### Desvio cm_z #####
0.010295630140987002
##### Desvio ca_m #####
0.0
##### Desvio ca_x #####
0.0
##### Desvio ca_y #####
0.024494897427831695
##### Desvio ca_z #####
0.0
##### Desvio tm_m #####
0.0
##### Desvio tm_h #####
0.024494897427831695
##### Desvio tm_r #####
0.0
##### EXPERIMENTO 1 #####
chapa metalica

```

```

massa 25.38 ± 1.25 g
comprimento 4.00 ± 0.00 cm
largura 3.00 ± 0.00 cm
espessura 0.32 ± 0.01 cm
volume 3.79 ± 0.13 cm3
densidade 6.69 ± 0.55 g/cm3
#####
chapa acrilica
massa 9.70 ± 1.00 g
comprimento 5.70 ± 0.00 cm
largura 4.26 ± 0.02 cm
espessura 0.30 ± 0.00 cm
volume 7.28 ± 0.04 cm3
densidade 1.33 ± 0.15 g/cm3
#####
tubo metalico
massa 7.20 ± 0.00 g
altura 4.94 ± 0.02 cm
raio 1.00 ± 0.00 cm
area 3.14 ± 0.00 cm2
volume 15.52 ± 0.09 cm3
densidade 0.46 ± 0.00 g/cm3
#####
>>>

```

5 Conclusão

O experimento realizado foi bem-sucedido em sua principal finalidade, que era a determinação da densidade dos objetos analisados por meio de medições de massa e dimensões, seguidas do cálculo do volume e da densidade. As densidades obtidas foram de $6,69 \pm 0,55 \text{ g/cm}^3$ para a chapa metálica, $1,33 \pm 0,15 \text{ g/cm}^3$ para a chapa acrílica e $0,46 \pm 0,00 \text{ g/cm}^3$ para o cilindro metálico. Contudo, observou-se que os valores encontrados apresentam divergências significativas quando comparados às densidades típicas dos materiais esperados para cada objeto.

A densidade da chapa metálica sugere uma composição aproximada ao alumínio ($2,70 \text{ g/cm}^3$) ou ao ferro ($7,87 \text{ g/cm}^3$), mas o valor obtido está intermediário entre esses dois materiais. A densidade da chapa acrílica, por sua vez, está próxima ao esperado para polímeros como o polimetilmetacrilato ($1,18 \text{ g/cm}^3$), embora apresente leve divergência. Já o cilindro metálico apresenta uma densidade extremamente baixa para metais comuns, sugerindo um impacto significativo das características estruturais na medição.

Essa discrepância deve-se, principalmente, à presença de obstruções nos objetos que não foram consideradas no cálculo do volume. A chapa metálica e a chapa acrílica possuíam furos, enquanto o cilindro metálico era vazado, o que reduziu o volume efetivo dos materiais. Como consequência, os valores calculados de densidade foram subestimados, já que o volume real dos materiais sólidos era menor do que o medido geometricamente.

Por fim, na tabela 6, são apresentados os valores das densidades de cada objeto.

Densidades (g/cm^3)		
Chapa Metálica	Chapa Acrílica	Cilindro Metálico
$6,69 \pm 0,55 \text{ g/cm}^3$	$1,33 \pm 0,15 \text{ g/cm}^3$	$0,46 \pm 0,00 \text{ g/cm}^3$

Tabela 6: Tabela das densidades

Referências

- [Devore 2006]DEVORE, J. L. *Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências*. 6^a. ed. [S.l.]: Editora Thompson, 2006.
- [Resnick e Halliday 2002]RESNICK, R.; HALLIDAY, D. *Física*: Vol. i. 5^a. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora (LTC), 2002.