

**FÍSICA 1**  
**RELATÓRIO PRÁTICA 2**  
**EXPERIMENTO: QUEDA LIVRE**



UERJ – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO DE JANEIRO

Professor: Daniel Barci.

Data: 05/08/2022.

Alunos: Alexandre Maia Martins Filho.

Kaylan Rocha Freitas Rosa.

Luiz Vitor Gomes Fortunato.

## Sumário

Objetivo:.....	3
Material:.....	3
Introdução Teórica: .....	3
Experimento - Queda Livre Manual:.....	4
Procedimento Experimental:.....	4
Dados: .....	5
Histograma: .....	6
Experimento - Queda Livre Automática: .....	7
Procedimento Experimental:.....	7
Dados: .....	7
Histograma: .....	9
Cálculos: .....	10
Conclusão:.....	11

## Objetivo:

Nesse experimento nós medimos o tempo de queda de uma esfera usando um cronômetro manual e um eletrônico, assim iremos determinar a aceleração da gravidade em ambos os cenários. Para isso construímos histogramas com os dados obtidos nas experiências a fim de facilitar e verificar a compatibilidade do experimento com os cálculos de referência.

## Material:

- Uma esfera de metal.
- Um cronômetro manual.
- Um cronômetro eletrônico.
- Uma trena.
- Hastes metálicas com equipamento de solda.
- Caderno e caneta para anotações.

## Introdução Teórica:

A queda vertical de um objeto perto da superfície da Terra, desprezando atrito e empuxo, pode ser descrita pela equação horária.

$$y(t) = y_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

onde  $y_0$  é a posição inicial (em  $t = 0$ ) do objeto em relação ao nível de referência  $y = 0$ ,  $v_0$  é a velocidade nesse mesmo instante de tempo e  $a$  é a aceleração do objeto. No caso do movimento de queda livre, sob as condições dadas aqui, se escolhermos a orientação do eixo  $y$  tal que ele aponte para o centro da Terra e, considerando que o objeto é largado do repouso ( $v_0 = 0$ ) e que percorrerá uma distância  $h$ , podemos reescrever a equação acima adaptada para o nosso experimento como:

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

ou seja:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Portanto, se conhecermos a altura da queda, medida com boa precisão, e tivermos o valor de referência da aceleração da gravidade ( $g$ ), podemos determinar o tempo de queda previsto pela teoria.

Como toda medição do tem uma determinada incerteza, tanto dos instrumentos (tipo B), quanto da quantidade de medições (tipo A). Em cada uma das medidas; Alturas  $h_1$  e  $h_2$ , os tempos medidos  $t_1$  e  $t_2$ .

Como medimos 60 valores, foi necessário realizar uma média para utilizarmos nos cálculos uma medida de tempo aproximada padrão, que é descrita da seguinte maneira:

$$\langle x \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Onde substituímos  $x$ , pelos tempos medidos  $t_1$  e  $t_2$  respectivamente e  $n = 60$ .

Obtivemos:

Pelas incertezas demonstradas acima, temos  $h_{1Exp}$ ,  $h_{2Exp}$ ,  $t_{1Exp}$  e  $t_{2Exp}$ .

Em seguida calculamos os desvios que são a diferença de uma medida e a média das mesmas, descrita da seguinte maneira:

$$\delta_i = x_i - \langle x \rangle$$

Com todos os desvios das medidas, calculamos o desvio médio, que nada mais é a média dos valores absolutos dos desvios de cada medida.

$$\langle \delta \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n |\delta_i|}{n}$$

Como o nosso objetivo é calcular a aceleração da gravidade em ambos os cenários, e levando em conta que possuímos a altura e o tempo de queda, utilizaremos a fórmula:

$$S = S_0 + v * t$$

A partir disso utilizaremos essa fórmula para determinar a velocidade:

$$v = \frac{S - S_0}{t}$$

Com a velocidade será possível obter a aceleração da gravidade através da manipulação da seguinte fórmula:

$$V = V_0 + a * t$$

$$a = \frac{V - V_0}{t}$$

E então obtido o valor da aceleração da gravidade em ambos os cenários, iremos checar através de uma comparação entre a média dos tempos:

$$| \langle t \rangle_{p1} - \langle t \rangle_{p2} |$$

Se o valor obtido estiver abaixo de  $2\delta t_{p1}$  então os dados foram compatíveis.

Se o valor obtido estiver entre de  $2\delta t_{p1}$  e  $3\delta t_{p1}$  então os dados foram inconclusivos.

Se o valor obtido estiver acima de  $3\delta t_{p1}$  então os dados foram incompatíveis.

## Experimento - Queda Livre Manual:

### Procedimento Experimental:

Durante a primeira etapa, usando o suporte definimos uma altura de 1,5m como nosso ponto de soltura da esfera, utilizando o cronômetro, pressionado no instante da soltura da esfera por outro membro da equipe, mensuramos o tempo entre o clique do cronômetro quando soltamos a esfera e o novo clique após o contato com a superfície. Repetindo 60 vezes para obtermos uma amostragem relativamente ampla tendo em vista um experimento analógico.

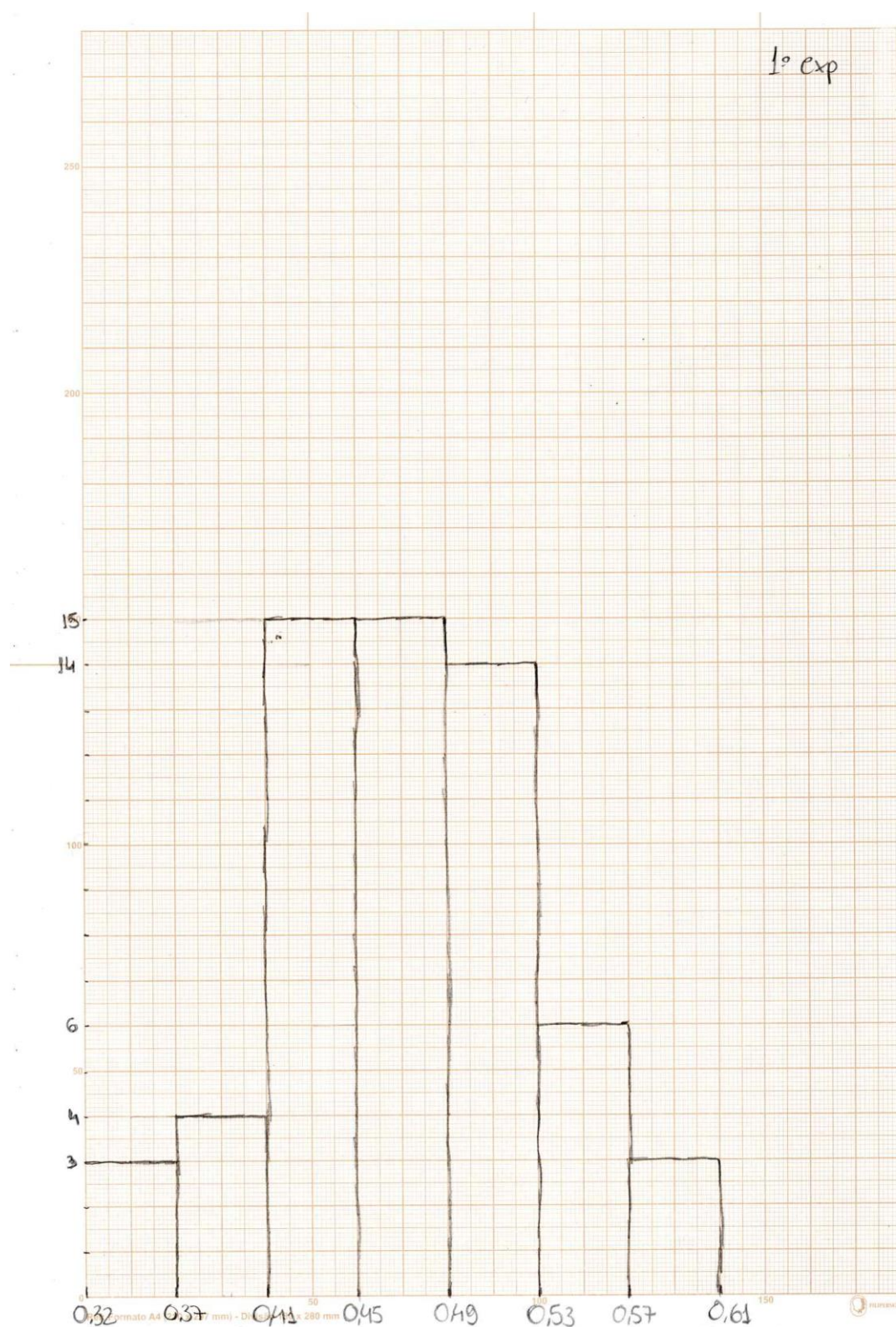
Dados:

Experimento 2 - Queda Livre Manual					
Medidas	Tempo (s)	Medidas	Tempo (s)	Medidas	Tempo (s)
1	0,50	21	0,55	41	0,50
2	0,33	22	0,51	42	0,50
3	0,41	23	0,36	43	0,45
4	0,50	24	0,48	44	0,48
5	0,40	25	0,48	45	0,57
6	0,51	26	0,48	46	0,42
7	0,50	27	0,45	47	0,45
8	0,48	28	0,45	48	0,46
9	0,50	29	0,46	49	0,61
10	0,45	30	0,48	50	0,45
11	0,43	31	0,43	51	0,46
12	0,45	32	0,46	52	0,48
13	0,39	33	0,58	53	0,48
14	0,43	34	0,51	54	0,55
15	0,53	35	0,53	55	0,45
16	0,55	36	0,57	56	0,51
17	0,43	37	0,51	57	0,41
18	0,43	38	0,46	58	0,47
19	0,35	39	0,45	59	0,55
20	0,58	40	0,51	60	0,46

Experimento 2 - Queda Livre Manual		
	Mediana	Média
	0.480	0.476
Desvio Médio:	0.044	0.044

Experimento 2 - Queda Livre Manual					
Desvio Tempo					
Medidas	Desvio	Medidas	Desvio	Medidas	Desvio
1	0,02	21	0,07	41	0,02
2	-0,15	22	0,03	42	0,02
3	-0,07	23	-0,12	43	-0,03
4	0,02	24	0,00	44	0,00
5	-0,08	25	0,00	45	0,09
6	0,03	26	0,00	46	-0,06
7	0,02	27	-0,03	47	-0,03
8	0,00	28	-0,03	48	-0,02
9	0,02	29	-0,02	49	0,13
10	-0,03	30	0,00	50	-0,03
11	-0,05	31	-0,05	51	-0,02
12	-0,03	32	-0,02	52	0,00
13	-0,09	33	0,10	53	0,00
14	-0,05	34	0,03	54	0,07
15	0,05	35	0,05	55	-0,03
16	0,07	36	0,09	56	0,03
17	-0,05	37	0,03	57	-0,07
18	-0,05	38	-0,02	58	-0,01
19	-0,13	39	-0,03	59	0,07
20	0,10	40	0,03	60	-0,02
Desvio Médio			0,0268		

Histograma:



## Experimento - Queda Livre Automática:

### Procedimento Experimental:

Na segunda etapa, usando o suporte definimos uma altura de 0,9m como nosso ponto de soltura da esfera, utilizando o cronômetro automático, que no instante da soltura da esfera começa mensurar o tempo até que haja o contato com a superfície do mesmo. Repetindo 60 vezes para obtermos uma amostragem comparativa ao experimento analógico.

### Dados:

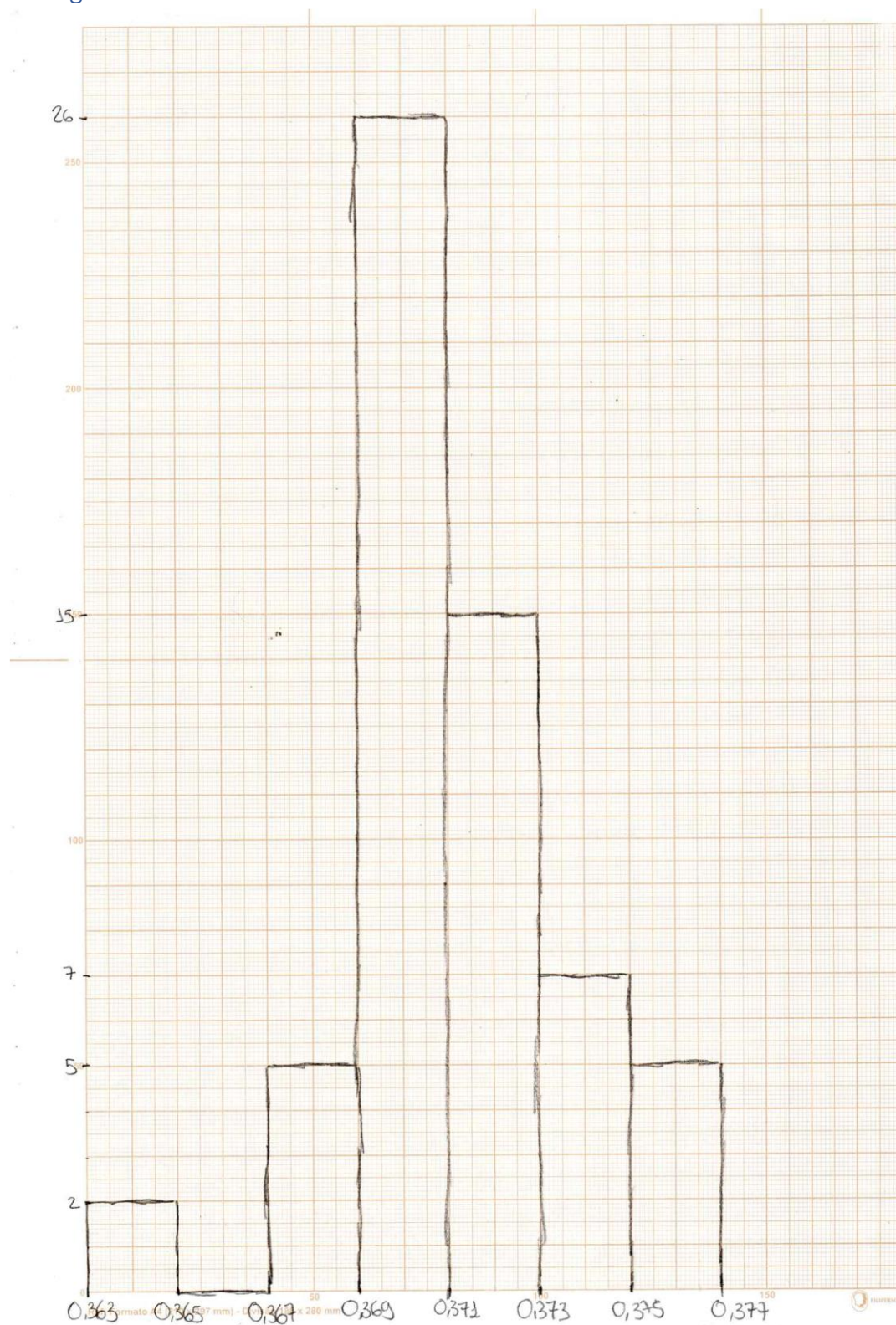
Experimento 2 - Queda Livre Automática					
Medidas	Tempo (s)	Medidas	Tempo (s)	Medidas	Tempo (s)
1	0,365	21	0,373	41	0,373
2	0,363	22	0,37	42	0,373
3	0,372	23	0,374	43	0,369
4	0,371	24	0,373	44	0,369
5	0,369	25	0,376	45	0,37
6	0,37	26	0,373	46	0,375
7	0,37	27	0,373	47	0,371
8	0,371	28	0,375	48	0,37
9	0,372	29	0,374	49	0,371
10	0,372	30	0,376	50	0,371
11	0,374	31	0,374	51	0,373
12	0,369	32	0,377	52	0,371
13	0,372	33	0,377	53	0,372
14	0,37	34	0,37	54	0,371
15	0,37	35	0,371	55	0,371
16	0,37	36	0,371	56	0,371
17	0,373	37	0,371	57	0,37
18	0,375	38	0,371	58	0,369
19	0,371	39	0,371	59	0,37
20	0,372	40	0,376	60	0,372

Experimento 2 - Queda Livre Automática		
	Mediana	Média
	0.371	0.372
Desvio Médio:	0.002	0.002

Experimento 2 - Queda Livre Automática					
Desvio Tempo					
Medidas	Desvio	Medidas	Desvio	Medidas	Desvio
1	-0,007	21	0,001	41	0,001
2	-0,009	22	-0,002	42	0,001
3	0,000	23	0,002	43	-0,003
4	-0,001	24	0,001	44	-0,003
5	-0,003	25	0,004	45	-0,002
6	-0,002	26	0,001	46	0,003
7	-0,002	27	0,001	47	-0,001
8	-0,001	28	0,003	48	-0,002
9	0,000	29	0,002	49	-0,001
10	0,000	30	0,004	50	-0,001
11	0,002	31	0,002	51	0,001
12	-0,003	32	0,005	52	-0,001
13	0,000	33	0,005	53	0,000
14	-0,002	34	-0,002	54	-0,001
15	-0,002	35	-0,001	55	-0,001
16	-0,002	36	-0,001	56	-0,001
17	0,001	37	-0,001	57	-0,002
18	0,003	38	-0,001	58	-0,003
19	-0,001	39	-0,001	59	-0,002
20	0,000	40	0,004	60	0,000
Desvio Médio			0,0010		



Histograma:



## Cálculos:

Como toda medição do tem uma determinada incerteza, tanto dos instrumentos (tipo B), quanto da quantidade de medições (tipo A). Em cada uma das medidas; Alturas  $h_1$  e  $h_2$ , os tempos medidos  $t_1$  e  $t_2$ :

$$\begin{aligned} h_1 &= 1,5m & \delta h_1 &= 0.005m \\ h_2 &= 0,9m & \delta h_2 &= 0.005m \end{aligned}$$

Utilizando uma média dos 60 valores, calculamos uma medida de tempo aproximada média e obtivemos os seguintes resultados abaixo:

$$\begin{aligned} \langle t_1 \rangle &= 0,476 \cong 0,480s & \delta t_1 &= 0.010s \\ \langle t_2 \rangle &= 0,37165 \cong 0,372s & \delta t_2 &= 0.001s \end{aligned}$$

Pelas incertezas demonstradas acima, temos:

$$\begin{aligned} h_{1Exp} &= (1,5 \pm 0.005)m \\ h_{2Exp} &= (0,9 \pm 0.005)m \\ t_{1Exp} &= (0,476 \pm 0.010)s \\ t_{2Exp} &= (0,372 \pm 0.001)s \end{aligned}$$

Em seguida calculamos os desvios:

$$\begin{aligned} \langle \delta_{t1} \rangle &= 0.044s \\ \langle \delta_{t2} \rangle &= 0.002s \end{aligned}$$

Calculamos a velocidade e em seguida a aceleração da gravidade e comparamos os resultados obtidos.

Como o nosso objetivo é calcular a aceleração da gravidade em ambos os cenários, e levando em conta que possuímos a altura e o tempo de queda. utilizaremos a fórmula descrita anteriormente no documento:

$$\begin{aligned} v_1 &= 3,125m/s \\ v_2 &= 2,419m/s \end{aligned}$$

$$\delta_{Vx} = v \sqrt{\left(\frac{\delta_{hx}}{h_x}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{tx}}{t_x}\right)^2}$$

$$\begin{aligned} \delta_{v1} &= 0,066m/s \\ \delta_{v2} &= 0,014m/s \\ v_{1Exp} &= v_1 \pm \delta_{v1} \\ v_{2Exp} &= v_2 \pm \delta_{v2} \\ v_{1Exp} &= (3,125 \pm 0,066)m/s \\ v_{2Exp} &= (2,419 \pm 0,014)m/s \end{aligned}$$

Com a velocidade será possível obter a aceleração da gravidade através da manipulação da fórmula da aceleração:

$$\delta a_x = v \sqrt{\left(\frac{\delta_{hx}}{h_x}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{tx}}{t_x}\right)^2}$$

$$a_1 = 6,510 m/s^2$$

$$a_2 = 6,502 m/s^2$$

$$\delta_{a1} = 0,193 m/s^2$$

$$\delta_{a2} = 0,041 m/s^2$$

$$a_{1Exp} = a_1 \pm \delta_{a1}$$

$$a_{2Exp} = a_2 \pm \delta_{a2}$$

$$a_{1Exp} = (6,510 \pm 0,193) m/s^2$$

$$a_{2Exp} = (6,502 \pm 0,041) m/s^2$$

E então obtidos os valores, partimos para a comparação dos tempos:

$$|< t >_{p1} - < t >_{p2}| = 0,104$$

$$2\delta t_{p1} = 0,02$$

$$3\delta t_{p1} = 0,03$$

Cálculos finais			
<t1>	0,476	2t1	0,02
<t2>	0,372	3t1	0,03
<t1>-<t2>	0,104	Dados Incompatíveis	

## Conclusão:

Ao fim do experimento encontramos uma aceleração de aproximadamente  $6,5 m/s^2$  em ambos os experimentos, mesmo com medidas totalmente diferentes, obtivemos uma aceleração constante e praticamente a mesma em ambas as etapas do experimento. Assim chegamos à conclusão que nossos dados foram incompatíveis.

Acreditamos que o erro dos dispositivos usado para mensurar e o tempo de reação humana nas medidas analógicas foram os principais fatores, porém não podemos descartar variações causadas pelos arredondamentos nos cálculos.

Apesar de tudo, os dois experimentos tiveram sua precisão e não podemos ignorar que o segundo experimento foi mais preciso que o primeiro pois a variação de seus dados foi significativamente mais consistente e menor.