

Relatório: Pêndulo Simples

Licenciatura Diurna - Laboratório de Mecânica

Priscyla Guadagnoli
Nº USP: 11011782

Igor Oliveira
Nº USP: 11223799

Leonardo Lettiere
Nº USP: 11223628

7,1

Maio, 2020

1 Introdução

Este experimento consistiu no estudo do rolamento sem escorregamento de 3 tipos diferentes de cilindros, ~~com o intuito de determinar os tempos de escorregamento para relacioná-los com o momento de Inércia~~, possibilitando verificar a correlação entre o tempo cronometrado e a aceleração resultante. O principal objetivo deste experimento é verificar que esta aceleração ~~não depende apenas da massa do cilindro~~, mas depende também da maneira como essa massa se distribui pelo cilindro em relação ao eixo de rotação.

O arranjo experimental e as forças que agem sobre o cilindro estão representadas através da figura a seguir: Sendo \vec{F}_{at} a força de atrito entre o cilindro e a rampa, \vec{P} a força peso ocasionada

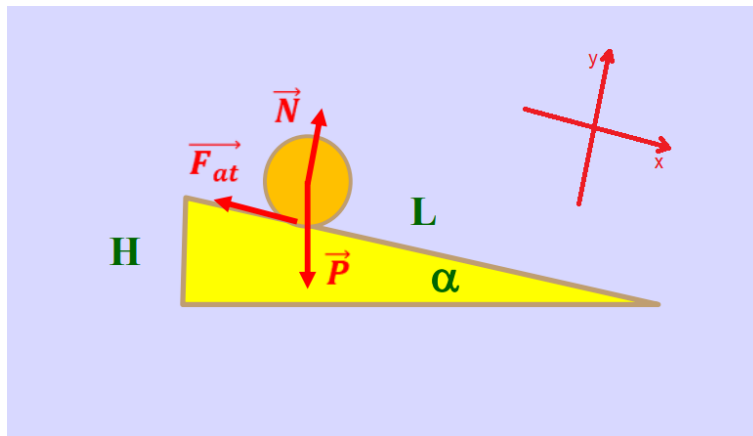


Figura 1: As forças que agem sobre o cilindro.

pela aceleração gravitacional e \vec{N} a força normal como reação da rampa a componente da força peso na mesma direção da força normal.

Como o cilindro está caindo, supõem-se que há uma força resultante e, conseqüentemente, uma aceleração. O cilindro está se movendo na direção (no sentido) da força de atrito (representado na imagem acima), desta forma é possível concluir que forças e componentes de forças em outras direções não provocam movimento sobre o cilindro. É notório mencionar que o cilindro sofre efeito de uma força de atrito, desta forma há um movimento de rotação, em relação ao eixo que é perpendicular ao plano xOy e que passa pelo centro de massa do cilindro, e de translação. Para encontra a força resultante utiliza-se a segunda lei de Newton para movimentos lineares, considerando a componente da força peso ($P \sin \alpha$) e a força de atrito, em que os sinais são dados segundo a imagem acima e as forças são apresentadas em módulo.

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = P \sin \alpha - F_{at} \quad (1)$$

Supondo que não há atrito entre o cilindro e a rampa ($F_{at} = 0$), tem-se que o resultado de $g \sin \alpha$ para a aceleração de translação resultante do cilindro.

O cilindro sofre um movimento rotacional (angular), isto é ocasionado pelo torque da força de atrito em relação ao eixo que é perpendicular ao plano xOy e que passa pelo centro de massa (CM)

do cilindro, em que a força de atrito está a uma distância R do CM do cilindro. O torque da força de atrito (τ) é descrito da seguinte forma:

$$\tau = F_{at}R = maR = \cancel{m \frac{d^2(\psi)}{dt^2} R^2} = I \frac{d^2(\psi)}{dt^2} \implies F_{at} = \frac{I}{R} \frac{d^2\psi}{dt^2} \quad (2)$$

Em que a força de atrito é descrita na seguinte forma $F_{at} = ma$ e é escrito a aceleração linear ($a = d^2x/dt^2$) em termos angulares (aceleração de rotação) $a = d^2\psi/dt^2$.

Com base na **Equação 1** e **Equação 2** é possível fazer a seguinte relação:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = P \sin \alpha - \frac{I}{R} \frac{d^2\psi}{dt^2} \implies \frac{d^2x}{dt^2} = g \sin \alpha - \frac{I}{mR} \frac{d^2\psi}{dt^2} \implies \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{g \sin \alpha}{1 + \frac{I}{mR^2}} = \frac{g \sin \alpha}{k} \quad (3)$$

Em que representou-se $k = 1 + \frac{I}{mR^2}$. Desta forma, o movimento realizado pelo cilindro é um MUV, movimento uniformemente variado. Este movimento é descrito pela equação horária da velocidade. Considerando que a posição inicial do cilindro é nula ($x_0 = 0$) e a velocidade inicial é nula ($v_0 = 0$), tem-se a seguinte equação para o movimento do cilindro:

$$x(t) = x_0 + v_0(t)t + \frac{1}{2} \frac{g \sin \alpha}{k} t^2 \implies x(t) = \frac{1}{2} \frac{g \sin \alpha}{k} t^2 \quad (4)$$

A letra I representa a inércia rotacional, uma propriedade de resistência que a matéria tem de alterar a velocidade de rotação que consiste na resistência a mudança no movimento rotacional. A inércia rotacional de um corpo em relação a um eixo, cuja distância das partículas é \mathbf{R} e a massa é \mathbf{m} , pode ser descrita através da seguinte fórmula:

$$I = \int r^2 dm \quad (5)$$

Para um cilindro, com densidade volumétrica constante, o resultado para a inércia rotacional é:

$$I = \frac{mR^2}{2}. \quad (6)$$

Considerando a **Equação 3** e substituindo o resultado para I da **Equação 6**

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{g \sin \alpha}{1 + \frac{mR^2}{2mR^2}} \implies \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{g \sin \alpha}{\frac{3}{2}} \quad (7)$$

Tomando a inércia rotacional de um cilindro homogêneo, resulta que $k=3/2$.

Considerando um cilindro não homogêneo, possuindo uma composição de cilindros formando um maior, ou seja, há um cilindro de raio menor (cuja seu interior é oco) que fica dentro de outro cilindro com raio maior. Tem-se a seguinte equação:

$$I = \frac{m(R^2 + r^2)}{2} \quad (8)$$

Em que R é o raio do cilindro maior e r o raio do cilindro menor com interior oco. Se $R=r$ significa que o cilindro é totalmente oco, ou seja, só possui uma casca cilíndrica. Desta forma, supondo que o cilindro não homogêneo possua $R=r$, tem-se o seguinte resultado, considerando a **Equação 8** e a **Equação 3**:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{g \sin \alpha}{1 + \frac{m(R^2+R^2)}{2mR^2}} = \frac{g \sin \alpha}{K} \quad (9)$$

Tomando a inércia rotacional de uma casca cilíndrica, ou seja, um cilindro não homogêneo com $R=r$, resulta que $k=2$.

Ao longo do experimento, é feito diversas medidas de tempos (Leia seção 2 Descrição Experimental) com o calço do lado esquerdo e do lado direito. Para minimizar os erros sistemáticos é necessário desenvolver uma equação que mensure o tempo médio com tal característica. Considerando a **Figura 1** é notório que o ângulo alfa pode possuir um pequeno ângulo de desnível (β). Assim para a **Equação 4**, representante de uma valor médio para t , tem-se uma mudança por conta do ângulo de desnível. Considerando o calço do lado esquerdo (representa este lado com o tempo t_1)

$$x(t) = \frac{1}{2} \frac{g \sin(\alpha + \beta)}{k} t_1^2 \quad (10)$$

Para o lado direito (representa este lado com o tempo t_2)

$$x(t) = \frac{1}{2} \frac{g \sin(\alpha - \beta)}{k} t_2^2 \quad (11)$$

Através da relação trigonométrica do seno da soma de ângulos, é possível desenvolver a equação (10)

$$\frac{kx(t)}{t_1^2 g} = \frac{1}{2} [\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha] \quad (12)$$

e equação (11)

$$\frac{kx(t)}{t_2^2 g} = \frac{1}{2} [\sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha] \quad (13)$$

Somando as equações (12) e (13), tem-se:

$$\frac{kx(t)}{t_1^2 g} + \frac{kx(t)}{t_2^2 g} = x(t) \frac{(t_2^2 + t_1^2)g}{t_1^2 t_2^2 g^2} = [\sin \alpha \cos \beta] \quad (14)$$

O ângulo de desnível β é muito pequeno, ou seja, $\beta \approx 0$, logo o $\cos \beta \approx 1$. Tomando este pressuposto, tem-se:

$$kx(t) \frac{(t_2^2 + t_1^2)}{t_1^2 t_2^2 g} = \sin \alpha \quad (15)$$

Substituindo o resultando (15) na **Equação 4** e isolando t

$$x(t) = \frac{1}{2} \frac{gkx(t) \frac{(t_2^2 + t_1^2)}{t_1^2 t_2^2 g}}{k} t^2 \implies t = \sqrt{\frac{2t_1^2 t_2^2}{t_2^2 + t_1^2}} \quad (16)$$

A análise qualitativa do experimento exige conceitos estatísticos, tais como a média, calculada da seguinte forma:

$$t_{med} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N t(i) \quad (17)$$

O desvio padrão da média é a incerteza relacionada a média dos dados, obtido da seguinte forma:

essa parte vai na análise de dados

$$\sigma_t med = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (18)$$

Em que σ significa o desvio padrão dos dados.

A custo de avaliar a compatibilidade entre os dados e suas incertezas, utiliza-se o **Teste Z**, calculado da seguinte forma:

$$TesteZ = \frac{|a - b|}{\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}} \quad (19)$$

Em que **a** e **b** são grandezas, com suas respectivas incertezas σ_a e σ_b . O resultado deste teste mostra a compatibilidade entre os dados analisado, com suas incertezas. O resultado para o teste Z sempre será $Teste Z \geq 0$. A compatibilidade é definida da seguinte forma, se o teste $Z \leq 1$, implica uma grande compatibilidade ao nível de um desvio padrão (1σ). As grandezas são incompatíveis se o $Teste Z > 3$.

2 Descrição Experimental

O experimento consistiu em abandonar 3 cilindros de massas distintas, sendo eles de alumínio maciço, latão maciço e latão oco. As massas dos cilindros de alumínio maciço e latão oco, 265,7g e 265,1g respectivamente, são próximas comparadas com a massa do cilindro de latão maciço com massa de 829,8g. A fim de ~~de entender~~ verificar se há influências causadas pela distribuição de massa e a massa, mensura-se os tempos de queda desses cilindros em uma rampa com pequeno ângulo de inclinação. Nessa rampa foi colocada marcações de 40, 60, 80 e 100 cm (referente ao comprimento da rampa), para que fosse possível calcular o tempo dos cilindros em diferentes pontos da rampa e, portanto, descrever melhor o comportamento dos cilindros ao longo da queda. Imagens destes procedimentos foram efetuadas, e o experimento foi disponibilizado em uma versão online para análise e cronometragem pelos grupos de alunos. O arranjo experimental é ilustrado abaixo:

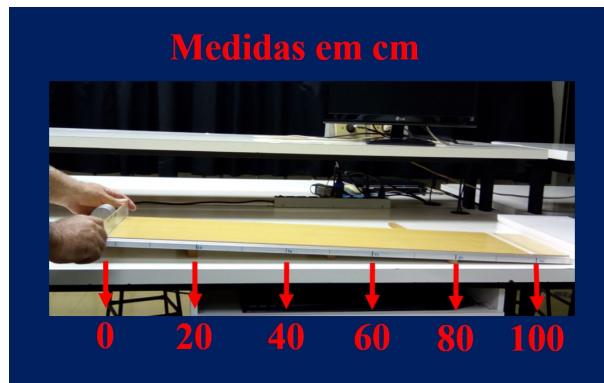


Figura 2: Rampa contendo marcações de distâncias em centímetros.



Figura 3: Cilindros utilizados no experimento.



Figura 4: Suporte utilizado para inclinar a rampa.

como mediu tempo?
Características dos
equipamentos?

Para esse experimento foram feitas 10 medidas de tempo para cada cilindro. As medidas foram feitas levando em conta o momento em que o cilindro é abandonado até o instante em que passa pela marca de 100 cm. Depois foram feitas novas medidas de tempo, alterando as marcações (40, 60, 80 e 100 cm) e o sentido da rampa (direita e esquerda). Sendo 10 medidas para cada marcação de distância, ou seja, 5 medições de tempo para cada direção da rampa (ex: 5 marcações de 40cm na direção direita e 5 marcações 40 cm na direção esquerda).

não foi isso que foi pedido...
Se o ângulo beta for importante,
vc vai misturar dados de
distribuição diferentes...

3 Dados Experimentais

1 significativo na incerteza

Segue tabelas e gráficos, com os dados coletados durante o experimento:

Material	massa (g)	m (g)	Diâm (cm)	σD (cm)	I (gcm^2)	σI (gcm^2)
Al maciço	265,7	0,1	0,501	0,005	8,336	0,333
Latão oco C2	265,1	0,1	0,501	0,005	8,336	0,332
Latão maciço C1	829,8	0,1	0,501	0,005	26,04	1,04

Tabela 1: Dimensões e massa dos cilindros utilizados no experimento, com suas devidas incertezas.

Calço	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h4 (cm)	h5 (cm)	h médio (cm)	σh (cm)
	3,988	3,875	3,855	3,825	3,825	3,87	0,03

Tabela 2: Medidas de altura para o calço, com a média dos dados e sua respectiva incerteza, calculados pela equações 17 e 18, respectivamente.

Comp (cm)	$\sigma Comp$ (cm)	sen alfa (cm)	σ sen (cm)	Dist (cm)	$\sigma Dist$ (cm)
120,0000	0,0001	0,0323	0,0004	100,00000	0,0005

Tabela 3: Comprimento da rampa e seu angulo de inclinação, com suas respectivas incertezas. A incerteza do ângulo de inclinação é dada pela propagação de erros de $(h \text{ médio}) / (Comp)$.

Esquerdo		t1(1)	t1(2)	t1(3)	t1(4)	t1(5)	t1(6)
	Al maciço	3,26	3,11	3,17	3,06	3,18	3,24
	Latão oco	3,41	3,33	3,49	3,79	3,51	3,43
	Latão maciço	3,05	3,11	3,21	3,38	3,10	3,25
		t1(7)	t1(8)	t1(9)	t1(10)	t1 médio	inc t1
	Al maciço	3,18	3,22	3,17	3,21	3,18	0,01
	Latão oco	3,54	3,80	3,28	3,43	3,50	0,05
Latão maciço	3,28	3,25	3,28	3,24	3,22	0,01	

Tabela 4: Medidas de tempo, em segundos (s), dos cilindros, contendo a média dos dados e sua respectiva incerteza. Topo da rampa no lado esquerdo.

Direito		t2(1)	t2(2)	t2(3)	t2(4)	t2(5)	t2(6)
	Al maciço	3,17	3,24	3,26	3,41	3,23	3,26
	Latão oco	4,14	3,35	3,55	3,93	4,26	3,83
	Latão maciço	3,30	3,18	3,33	3,40	3,26	3,43
		t2(7)	t2(8)	t2(9)	t2(10)	t2 médio	$\sigma t2$
	Al maciço	3,27	3,22	3,21	3,27	3,25	0,02
	Latão oco	3,43	3,39	3,46	3,73	3,7	0,1
Latão maciço	3,16	3,23	3,36	3,39	3,30	0,03	

esse dado está fora da sua estatística..

Tabela 5: Medidas de tempo, em segundos (s), dos cilindros, contendo a média dos dados e sua respectiva incerteza. Topo da rampa no lado direito.

Com base na **Equação 16** deduzida neste documento, é possível desenvolver um tempo médio, reduzindo erros sistemáticos. A sua incerteza é dada pela propagação de erros da **Equação 16**.

Tempo médio	t (s)	σt (s)
Al maciço	3,22	0,02
Latão oco	3,60	0,08
Latão maciço	3,26	0,02

Tabela 6: Dados do tempo médio obtidos com base na **Equação 16**, com suas respectivas incerteza obtida por propagação.

latão oco C2	Esquerda					
	Distância ± inc (cm)	t(1)	t(2)	t(3)	t(4)	t(5)
	40 ± 1	2,11	2,16	1,87	2,09	2,14
	60 ± 1	2,69	2,58	2,60	2,64	2,69
	80 ± 1	3,00	2,85	3,15	3,18	2,96
	100 ± 1	3,36	3,26	3,45	3,11	3,32
	Direita					
	Distância ± inc (cm)	t(6)	t(7)	t(8)	t(9)	t(10)
	40 ± 1	1,98	2,07	2,11	2,02	2,03
	60 ± 1	2,71	2,66	2,76	2,60	2,61
80 ± 1	3,01	3,02	2,97	2,96	2,97	
100 ± 1	3,57	3,64	3,21	3,42	3,80	

Tabela 7: Tempos (em segundos) referentes a diferentes distâncias de trajetória do latão oco.

latão oco C2	t médio (s)	inc t (s)	t ² (s ²)	inc t ² (s ²)
	2,06	0,03	4,2	0,1
	2,65	0,02	7,0	0,1
	3,01	0,03	9,0	0,2
	3,41	0,07	11,7	0,5

Tabela 8: Tempo médio com base nos dados da Tabela 7 com sua incerteza. Os dados de t² são obtidos através do respectivo tempo médio ao quadrado, incerteza obtida por propagação de erros.

latão maciço C1	Esquerda					
	Distância + inc(cm)	t(1)	t(2)	t(3)	t(4)	t(5)
	40 ± 1	1,77	1,79	2,01	1,96	1,86
	60 ± 1	2,45	2,38	2,4	2,48	2,24
	80 ± 1	2,73	2,88	2,83	2,76	2,71
	100 ± 1	3,01	3,19	3,14	3,25	3,14
	Direita					
	Distância + inc(cm)	t(6)	t(7)	t(8)	t(9)	t(10)
	40 ± 1	1,90	1,96	1,98	1,93	1,81
	60 ± 1	2,36	2,39	2,35	2,31	2,29
80 ± 1	2,78	2,88	2,70	2,65	2,74	
100 ± 1	3,08	3,05	3,12	3,10	3,09	

Tabela 9: Tempos (em segundos) referentes a diferentes distâncias de trajetória do latão maciço.

latão maciço C1	t médio (s)	inc t (s)	t ² (s ²)	inc t ² (s ²)
	1,90	0,03	3,6	0,1
	2,37	0,02	5,6	0,1
	2,77	0,02	7,7	0,1
	3,12	0,02	9,7	0,1

Calculou com dois conjuntos de dados diferentes..

Tabela 10: Tempo médio com base nos dados da Tabela 9 com sua incerteza. Os dados de t² são obtidos através do respectivo tempo médio ao quadrado, incerteza obtida por propagação de erros.

	K	Incerteza K
Al maciço	1,64	0,03
Latão oco	2,05	0,09
Latão maciço	1,68	0,04

como calculou?

Tabela 11: Valores de K teórico obtidos com base na Equação 4, explicitando K na equação, e suas respectivas incertezas obtidas através da propagação de incertezas desta equação. Para mensurar K, utilizou-se os dados de tempo da Tabela 6 e sin α e distância da Tabela 3, note que a incerteza da distância não é necessária incluir para a propagação já que esta comparada com as demais incertezas é insignificante.

Com base nas tabelas (8) e (10) e suas respectivas distâncias é possível desenvolver um cálculo de MMQ, para encontrar uma reta de ajuste que melhor representa os pontos de distância em função do tempo ao quadrado. A tabela a seguir, representa os dados dos coeficientes, com suas respectivas incertezas. A letra k é a relação com a inércia rotacional determinada pela **Equação 4** e " x_0 " o coeficiente linear da reta.

Latão Maciço C1	k	σ_k	x_0 (cm)	σ_{x_0} (cm)
	1,6	0,2	5	2
Latão Oco C2	k	σ_k	x_0 (cm)	σ_{x_0} (cm)
	1,9	0,2	5	2

esse não é o coeficiente angular ...

Tabela 12: Coeficiente angular e linear da reta ajustada por MMQ, com suas devidas incertezas.

Utilizando os dados das tabelas (8) e (10) é possível desenvolver uma análise gráfica, desenvolvendo um gráfico e uma reta que melhor se ajusta aos pontos. Através do gráfico é possível extrair o valor do coeficiente angular (variação da distância sobre a variação do tempo ao quadrado) e linear (intersecção entre a reta de ajuste e o eixo Y, distância), com suas respectivas incertezas gráficas obtidas por retas de máximo e mínimo coeficiente angular.

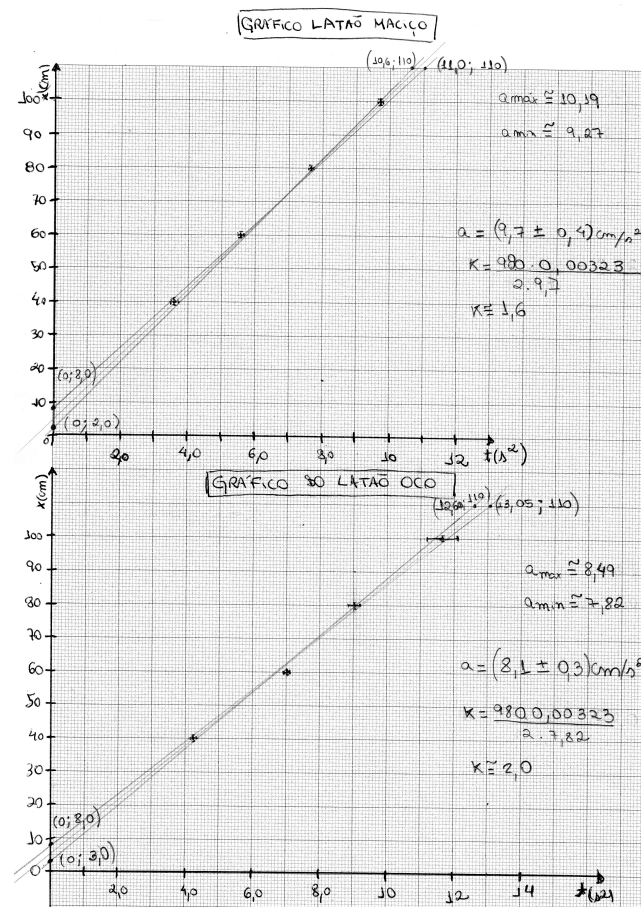


Figura 5: Distância por tempo ao quadrado para os cilindros de latão maciço e latão oco, contendo reta de ajuste e retas de máximos e mínimos.

Com base na **Figura 5**, é possível encontrar os coeficientes angular e linear e suas incertezas. Através do coeficiente angular, encontra-se k.

Latão Maciço C1	k	σ_k	x_0 (cm)	σ_{x_0} (cm)
	1,6	0,4	5	5
Latão Oco C2	a (cm/s ²)	σ_a (cm/s ²)	x_0 (cm)	σ_{x_0} (cm)
	2,0	0,3	6	6

Tabela 13: Coeficiente angular e linear da reta gráfica, com suas devidas incertezas.

4 Discussão

Dentre os resultados obtidos, foi possível averiguar que os cilindros de latão, um oco e outro maciço, tiveram diferentes comportamentos durante a queda ao longo da rampa, mesmo tendo, aparentemente, as mesmas dimensões. O cilindro de latão oco teria um tempo médio de rolamento de 3,60 s, que é um valor ligeiramente maior que o tempo médio de rolamento do latão maciço, com um tempo médio de 3,26 segundos, conforme **Tabela 6**. Comparando esta mesma tabela com a **Tabela 4** e a **Tabela 5**, verificamos que os comportamentos se repetem, embora com valores um pouco diferentes. Ainda assim, só é possível afirmar que este comportamento ocorre, devido as diferentes distribuições de massa, após comparar os dados obtidos com os cálculos efetuados. Como conhecemos o momento de inércia para o cilindro oco (Equação 8) e para o cilindro maciço (Equação 6), podemos dizer que o cilindro oco tem maior Inércia rotacional em relação ao cilindro maciço, o que influencia em seu movimento, conforme a Equação 3.

não era um anel cilíndrico)

Na comparação do cilindro de alumínio maciço, de 265,7 gramas, com o cilindro de latão maciço, de 829,8 gramas, **Tabela 1**, foi possível verificar que, percorrendo uma mesma distância rampa abaixo, os valores para os tempos médios de queda do cilindro de menor massa, alumínio, foi praticamente o mesmo se comparado ao de maior massa, latão, conforme visto na tabela **Tabela 4**, **Tabela 5** e **Tabela 6**. Uma pequena diferença de 0,04s, diferença que está na incerteza dos valores de tempo, segunda a **Tabela 6**. Sendo assim, concluímos que a aceleração resultante do alumínio maciço é igual a aceleração do latão maciço, e que, portanto, os resultados experimentais são coerentes com as previsões teóricas, conforme descrito na **Equação 9**, cuja aceleração do cilindro não depende de sua massa, mas sim da sua homogeneidade.

compatível?

Com base nos dados das tabelas (12) e (13) é possível desenvolver uma comparação entre os dados obtidos por MMQ e por métodos gráficos através do **Teste Z**, calculado através da **Equação 19**. Este teste avalia a compatibilidade entre os dados. Segue abaixo o resultado do teste Z.

Latão Maciço C1	Teste Z k	Compat. de k	Teste Z x_0	Compat. de x_0
	0,034	1σ	0,000	1σ
Latão Oco C2	Teste Z k	Compat. de k	Teste Z x_0	Compat. de x_0
	0,020	1σ	0,062	1σ

Tabela 14: Teste Z para suas devidas grandezas, contendo o seu respectivo nível de compatibilidade.

A tabela acima mostra que a compatibilidade entre as grandezas obtidas graficamente e por MMQ são compatíveis, ao nível de 1 desvio padrão. É notório discorrer que as incertezas encontradas por método gráfico são superestimadas, principalmente para os valores de posição inicial, por conta de falta de precisão na hora de desenvolver as retas de ajuste, assim como as retas de máximos e mínimos. Sendo uma possível explicação para a alta compatibilidade entre os dois métodos. Por mais que o método gráfico possa superestimar as grandezas, é notório mencionar que os dois métodos estão de acordo com os valores de K e do coeficiente linear.

Os gráficos de distância por tempo ao quadrado que constam na **Figura 5** mostram os coeficientes angulares do latão maciço e latão oco. As diferenças nos coeficientes angulares se dá pelas diferentes inércias rotacionais dos dois cilindros (segundo a **Equação 4** que descreve as retas), ao escorregar rampa abaixo, de uma mesma altura. Pois, o maior coeficiente indica uma maior velocidade adquirida num mesmo período de tempo (um espaço maior percorrido) e, portanto, uma menor inércia rotacional (já que a inércia rotacional é inversamente proporcional a aceleração, **Equação 3**). Ao calcularmos o valor de K, com base nos coeficientes angulares, obteve-se valores de K relativamente próximos aos valores teóricos esperados, segundo a Tabela 14 acima. Importante mencionar que os gráficos contidos na **Figura 5** não possuem uma posição inicial igual a 0 ($x_0 = 0$), divergindo da teoria, **Equação 4**, porém é possível explicar este ocorrido por conta das incertezas relacionadas ao tempo, já que a metodologia implantada para medir o tempo é utilizar um cronômetro e quando o aluno vislumbrar o vídeo, em que o professor soltar os cilindros, ele deve acionar o tempo, existindo uma incerteza relacionada ao tempo de reação do aluno e ao instrumento utilizado. Desta forma, as conclusões com base nos dados experimentais divergem das expectativas teóricas.

misturou dados diferentes

De uma maneira geral, os resultados sobre o experimento dos diferentes tipos de cilindros aqui estudados, bem como as conclusões sobre como estes se comportaram ao rolar pela rampa, foram bastante interessantes, entretanto, seria também interessante que um outro vídeo fosse feito mostrando os três cilindros caindo ao mesmo tempo. Evidentemente o experimento seria mais instrutivo se ocorresse em laboratório, onde seria possível obter melhores conclusões a respeito do experimento, devido ao manuseio dos materiais. O posicionamento da câmera que gravou os vídeos dificulta para

marcar o tempo de movimento de cada cilindro, um melhor posicionamento seria uma visão periférica (vista de cima).

5 Conclusão

A partir dos dados obtidos, da discussão, da análise gráfica, das equações apresentadas, das observações e comparações efetuadas sobre os diferentes momentos de Inércia, podemos destacar um dado interessante, tanto na teoria, quanto na experiência online, de que um material mais leve, de alumínio maciço, por exemplo, pode chegar primeiro à base do plano em relação a um material mais pesado, de latão maciço, quando abandonados de um mesmo lugar. E isso se deve aos diferentes momentos de Inércia, que indica as diferentes distribuições de massa do corpo em relação ao eixo de rotação, e portanto, foi possível verificar que diferentes corpos com densidades de massa diferentes também resultam em uma diferente distribuição de massa.

Sendo assim, verificou-se que as acelerações obtidas pelos cilindros não dependeu somente das massas destes objetos, mas também da maneira como essa massa se distribui pelo cilindro em relação ao eixo de rotação. Também foi possível verificar, quantitativamente, que diferentes formatos também influenciaram nos resultados da aceleração, como por exemplo, o cilindro oco e o cilindro maciço, quando comparados