

APRENDA FÍSICA COM SEU CELULAR: ESTIMANDO A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE LOCAL USANDO O APLICATIVO PHYPHOX

LEARN PHYSICS WITH YOUR SMARTPHONE: ESTIMATING LOCAL
GRAVITATIONAL ACCELERATION USING THE PHYPHOX APP

FLÁVIO MOURA E SILVA JÚNIOR *¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA

Resumo

É fato que muitos estudantes não gostam de Física, por considerá-la complexa demais e enfadonha. Mas é igualmente verdade que os estudantes são fissurados em smartphones, usando-os, principalmente, para acessar redes sociais, usar aplicativos e jogar jogos online. Levando em conta esse cenário, surge o questionamento: será que o uso do smartphone como ferramenta pedagógica para o ensino da Física não deixaria a sua aprendizagem mais fácil e prazerosa para o discente? Com o intuito de responder a essa pergunta no presente trabalho, relata-se uma experiência de uma oficina com 41 estudantes de duas turmas do segundo ano do ensino médio técnico de uma escola pública da cidade de São José de Ribamar MA, na qual objetivou-se estimar a aceleração da gravidade com o aplicativo de smartphone Phyphox, por meio de uma prática experimental, contando com uma participação proativa e empolgada dos estudantes. Para tanto os estudantes foram divididos em quatro equipes, ficando cada equipe responsável por fazer sua estimativa. Os resultados mostram que os objetivos da aula foram cumpridos, pois os valores experimentais da aceleração da gravidade foram obtidos com erros razoavelmente toleráveis para experimentos com fins educativos e com os discentes, ao final da oficina, relatando que gostaram bastante dessa forma inovadora de se aprender Física.

Palavras-chave: Phyphox. Celular. Aceleração da gravidade.

*flavio.junior@ifma.edu.br

Abstract

It is a well-established fact that many students have an aversion to Physics, considering it overly complex and tedious. Nevertheless, it is equally true that students are deeply engrossed in their smartphones, primarily using them to access social media, engage with applications, and play online games. In light of this scenario, a pertinent question arises: could the use of smartphones as a pedagogical tool in teaching Physics facilitate learning and make it more engaging for students? To address this question, the present study reports on an experimental workshop involving 41 students from two second-year technical high school classes at a public school in São José de Ribamar MA. The goal was to estimate the local gravitational acceleration using the Phyphox smartphone app through an experimental approach, fostering proactive and enthusiastic participation from the students. For this purpose, the students were divided into four teams, each tasked with determining its own estimate. The results indicate that the objectives of the lesson were met, as the experimental values for gravitational acceleration were obtained with errors sufficiently small for educational experiments. Additionally, by the end of the workshop, students reported enjoying this innovative approach to learning Physics.

Keywords: Phyphox. Smartphone. Gravitational acceleration.

I. INTRODUÇÃO

Uma excelente alternativa para se ensinar Física de forma prazerosa e motivante ao estudante é fazer uso de algo que ele goste. Nesse contexto se encaixa a tecnologia manifestada por meio de aparelhos tecnológicos com seus aplicativos e softwares. A literatura é recheada de trabalhos bem sucedidos que utilizam a tecnologia, principalmente a envolvida no smartphone, em prol do ensino de Física (FERREIRA *et al.*, 2021; BARROSO; FELIPE; SILVA, 2006; PEREZ; VIALI; LAHM, 2016; SENA; FERNANDES, 2018; PEDROSO *et al.*, 2020). Nesse ponto, fica a questão: se os jovens gostam do smartphone para jogar e acessar redes sociais (segundo dados do IBGE (2024), cerca de 163,8 milhões de brasileiros com 10 anos ou mais usavam celular em 2023), por que não usar esse artefato tecnológico em uma aula de Física? Pensando nessa questão, é que surgiu a ideia da oficina, que consistiu na estimativa da aceleração da gravidade local com o uso do aplicativo de celular chamado Phyphox (PHYPHOX, 2016), a partir da queda de uma moeda. A escolha do Phyphox foi devido a este aplicativo ser gratuito, de fácil operação e funcionar bem até em celulares mais simples do ponto de vista tecnológico.

Outro ponto abordado pela oficina foi o fato de que, geralmente, o professor de Física, ao trabalhar com valores de grandezas físicas, como, por exemplo, a aceleração da gravidade na superfície da Terra, limita-se apenas a informar o seu valor, que, ao nível do mar e para uma latitude de 45° , é $9,81 \text{ m/s}^2$ (YOUNG; FREEDMAN, 2008). A forma como se obtém esse valor raramente é abordada nas aulas de Física do ensino médio. O mesmo ocorre com grandezas como a carga elementar do elétron, a velocidade da luz no vácuo, a velocidade do som, a constante de Boltzmann, a constante de Planck etc. O fato de não se abordar aspectos

históricos e de não se discutir os experimentos por meio dos quais tais valores foram obtidos acaba por deixar de lado uma característica da Física, que é a de ser uma construção humana. Muitas vezes, as escolas não dispõem de laboratórios de Física sofisticados, o que contribui para desencorajar o ensino dos aspectos experimentais inerentes à obtenção dos valores das mais diversas quantidades físicas. No entanto, felizmente, a boa notícia, como este trabalho demonstra, é que, com um smartphone simples e materiais do cotidiano, o estudante pode executar uma atividade experimental de baixo custo e fácil execução, a fim de obter uma boa estimativa da aceleração da gravidade na superfície da Terra.

Nesse cenário, com a oficina ministrada por mim (autor deste relato de experiência), objetivou-se mostrar aos estudantes que é possível aprender Física de forma fácil e divertida utilizando o seu smartphone, e que grandezas físicas podem ser estimadas sem a necessidade de a escola dispor de laboratórios de Física sofisticados. Adicionalmente, o relato de experiência da oficina ministrada, que consta neste trabalho, apresenta-se como um ótimo exemplo de como o celular pode ser utilizado como ferramenta pedagógica em sala de aula, em conformidade com a Lei 15.100/2025 (BRASIL, 2025) que restringe o uso do celular nas escolas de educação básica do país.

II. O APLICATIVO PHYPHOX

O aplicativo Phypox é um aplicativo para smartphone de coleta de dados disponível para Android e IOS criado pelo 2º Instituto de Física da RWTH Aachen University, na Alemanha (PHYPHOX, 2016). Com este aplicativo é possível acionar e usar os diversos sensores existentes nos smartphones, além de ser possível executar diversos experimentos da Física como, por exemplo, a determinação da velocidade do som e da aceleração da gravidade (PEDROSO *et al.*, 2020). Pode-se dizer que o Phypox pode transformar o smartphone em um verdadeiro laboratório móvel (SANTOS *et al.*, 2019). O Phypox tem diversas ferramentas, como mostra a Figura 1, a serem usadas de acordo com a prática experimental desejada. Para a oficina aqui relatada, foi utilizada a função "cronômetro acústico".



Figura 1: Ferramentas do Phypox. Fonte: Autor.

III. QUEDA LIVRE E ESTIMATIVA DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE LOCAL

A queda livre é um movimento acelerado caracterizado pela queda de um objeto de uma certa altura sob influência da força gravitacional, sem que o corpo sofra com os efeitos do ar sobre o movimento. Na queda livre, o corpo sofre uma aceleração constante para baixo que é a aceleração da gravidade cujo módulo é representado pela letra g com $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ na superfície da Terra ao nível do mar e para uma latitude de 45° (YOUNG; FREEDMAN, 2008) (vide Figura 2). Esse valor não depende das características do objeto como forma, densidade e massa, sendo a aceleração da gravidade a mesma para todos os objetos (HALLIDAY, RESNICK; WALKER, 2008). Como a queda livre é um movimento unidimensional com aceleração constante, esta pode ser classificada como um movimento retilíneo e uniformemente variado (MRUV).

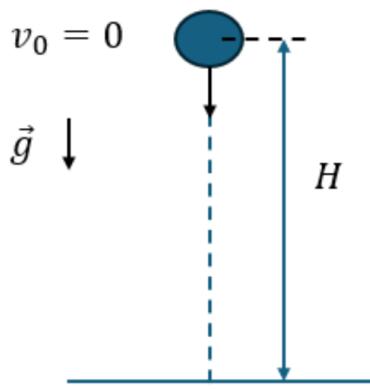


Figura 2: Corpo em queda livre abandonado do repouso. Fonte: Autor.

Para a queda livre, temos a seguinte equação de movimento (orientando a trajetória para cima e considerando o eixo y como a direção vertical):

$$F_r = -mg \Rightarrow m \frac{dv_y}{dt} = -mg \Rightarrow dv_y = -g dt, \quad (1)$$

integrando ambos os membros da equação (1), vem:

$$\int_{v_{0y}}^{v_y} dv_y = -g \int_0^t dt \Rightarrow v_y - v_{0y} = -gt \Rightarrow$$

$$v_y = v_{0y} - gt, \quad (2)$$

onde v_y é a componente y da velocidade de lançamento num instante t e v_{0y} é a componente y da velocidade inicial de lançamento (em $t = 0$) e g é a aceleração gravitacional. A equação 2 mostra que a componente y da velocidade de lançamento tem uma dependência linear com o tempo. Considerando que o corpo é abandonado do repouso, tem-se $v_{0y} = 0$ e a equação 2 torna-se:

$$v_y = -gt. \quad (3)$$

Sabendo que v_y pode ser obtida da derivada temporal da coordenada y da posição do corpo, pode-se escrever:

$$v_y = \frac{dy}{dt} \Rightarrow dy = v_y dt, \quad (4)$$

integrando ambos os membros da equação (4), e substituindo a equação 2 na equação 4, pode-se obter a função da coordenada y da posição da bolinha em relação ao tempo ($y(t)$). Daí, segue:

$$\int_H^y dy = \int_0^t v_y dt \Rightarrow y - H = \int_0^t (v_{0y} - gt) dt \Rightarrow \\ y(t) = H + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2, \quad (5)$$

onde $H = y_0$ é a altura inicial de onde o corpo é lançado, t é o tempo, v_{0y} é a velocidade inicial de lançamento (em $t = 0$) e g é a aceleração gravitacional. A equação 5 mostra que $y(t)$ é uma função parabólica no tempo, como esperado, para movimentos de corpos com aceleração constante. Considerando que o corpo é abandonado do repouso ($v_{0y} = 0$), o tempo de queda (t_q) necessário para o corpo chegar ao solo ($y(t) = 0$) pode ser obtido da equação 5, o que nos leva a:

$$t_q^2 = \frac{2H}{g}. \quad (6)$$

A equação 6 pode ser reescrita como:

$$g = \frac{2H}{t_q^2}. \quad (7)$$

Executando o experimento para vários valores de t_q e conhecendo-se H , calcula-se a aceleração da gravidade para cada tempo de queda com o uso da equação 7. A média aritmética dos seus valores nos conduz à estimativa do valor da aceleração da gravidade local. Como vemos, um excelente método para se determinar a aceleração da gravidade é a partir da queda livre de um corpo abandonado do repouso.

IV. PRÁTICAS EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

É notório que o método tradicional de ensino de Física, baseado na memorização de fórmulas para resolução de questões em provas, no qual o professor é detentor absoluto do conhecimento, com os estudantes assumindo um papel passivo no processo de ensino-

aprendizagem, é contraproducente para o ensino de Física. Segundo Moreira (2017) esse é um dos principais problemas do ensino da Física que persiste ainda na atualidade. Essa metodologia de ensino, além de não propiciar uma aprendizagem significativa da Física, contribui ainda para que grande parte dos estudantes do ensino médio desenvolva uma ojeriza à Física. Este cenário pode ser modificado ao tentarmos despertar o interesse pela Física nos alunos. Para tanto, é necessário mostrar-lhes que a Física não é apenas um componente curricular que reprova, mas sim uma ciência construída ao longo do tempo que está totalmente relacionada a sua vida cotidiana. Uma boa forma dos discentes enxergarem isso, seria o professor trabalhar a Física associando a teoria à prática, demonstrando ao aluno que o que lhe é ensinado em sala de aula faz parte do seu dia a dia. Isso pode ser posto em prática quando se começa a trabalhar a Física com práticas experimentais, as quais, felizmente, para serem executadas não necessitam de laboratórios sofisticados, mas tão somente de materiais de baixo custo que são acessíveis a qualquer aluno.

De acordo com Araújo e Abib (2003), o uso de práticas experimentais como estratégia didática tem sido apontada por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades em se aprender e ensinar Física de modo significativo e consistente. A própria Base Nacional Comum Curricular do Brasil (BNCC) na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, também aponta a importância da experimentação no ensino das Ciências ao estabelecer as seguintes competências e habilidades para o ensino médio: interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências e construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (BRASIL, 2018).

A escolha do formato de oficina pedagógica aqui relatada decorre do fato de que tal formato propicia ao estudante a construção do conhecimento a partir de sua participação, interesse e autonomia, levando em conta o desejo e o seu prazer em aprender (BELTRÃO *et al.*, 2024). Ademais, o relato de experiência da oficina em questão afina-se com a ideia de se propor um ensino de Física baseado na experimentação, em oposição ao ensino tradicional, objetivando despertar o interesse do alunado pela disciplina, bem como auxiliá-lo no desenvolvimento de habilidades, conforme estabelece a BNCC.

V. DESCRIÇÃO DA OFICINA

A oficina foi realizada numa escola pública federal de São José de Ribamar-MA na data de 28.09.2024 durante um evento chamado de "SEMIC e Mostra de Extensão". Tal evento contou com a apresentação de projetos de iniciação científica, extensão e ministração de oficinas, sendo a oficina, aqui relatada, uma delas. A oficina teve duração de 2 h e teve como público-alvo estudantes do 2º ano do ensino médio técnico de dois cursos, os quais serão denominados de cursos X e Y. Participaram da oficina, 24 estudantes do curso X e 17 estudantes do curso Y. Cabe ressaltar que eu já havia sido professor de Física dos estudantes do curso Y no 1º ano. Com relação aos estudantes do curso X, ainda não os conhecia. Inicialmente, solicitei que os estudantes formassem 4 equipes denominadas de A, B, C e D. Essas equipes ficaram com 11, 10, 8 e 12 integrantes, respectivamente. Com as

equipes formadas, os estudantes foram instruídos a baixarem o aplicativo Phyphox na Play store ou App store nos seus respectivos celulares. Expliquei sucintamente a respeito das funcionalidades e aplicações na Física do aplicativo Phyphox.

Na sequência solicitei que os estudantes selecionassem a função "cronômetro acústico" no aplicativo conforme mostra a Figura 3a. Como se observa da Figura 3b, explanei à turma que o cronômetro acústico é um medidor de tempo que é acionado quando o microfone do smartphone capta uma onda sonora e é travado quando recebe uma segunda onda sonora. Com isso, há uma medida do intervalo de tempo entre tais perturbações sonoras. Após a explicação sobre o cronômetro, os estudantes foram orientados a fazer silêncio total, a fim de testar o cronômetro. Para configuração do cronômetro, utilizou-se o limiar 0,2 e intervalo mínimo entre dois sons de 0,1s. Expliquei que o valor do limiar está relacionado à intensidade da onda sonora que chega ao aparelho celular, devendo esse valor ser tal que o cronômetro acústico seja sensível somente aos sons do experimento e não capte perturbações sonoras externas. Deixei claro que sendo o limiar de 0,2 adequado, as perturbações sonoras continuariam sendo captadas. Contudo, sinais sonoros abaixo desse valor não acionariam e nem poderiam travar o cronômetro acústico. O teste do cronômetro foi feito primeiramente por mim e depois por um integrante de cada equipe com o seu respectivo smartphone. O procedimento para o teste foi o seguinte: depois de configurar o cronômetro com a turma toda em silêncio, cliquei no triângulo, de acordo com a Figura 4, deixando o cronômetro apto para funcionar.

Subsequentemente, certifiquei-me se o cronômetro não era acionado pelo barulho externo (como o do ar-condicionado da sala) com o intuito de checar se o limiar estava adequado. Na sequência, fiz dois estalos consecutivos com os dedos médio e polegar. O primeiro estalo serviu para acionar o cronômetro, enquanto o segundo, para travá-lo.

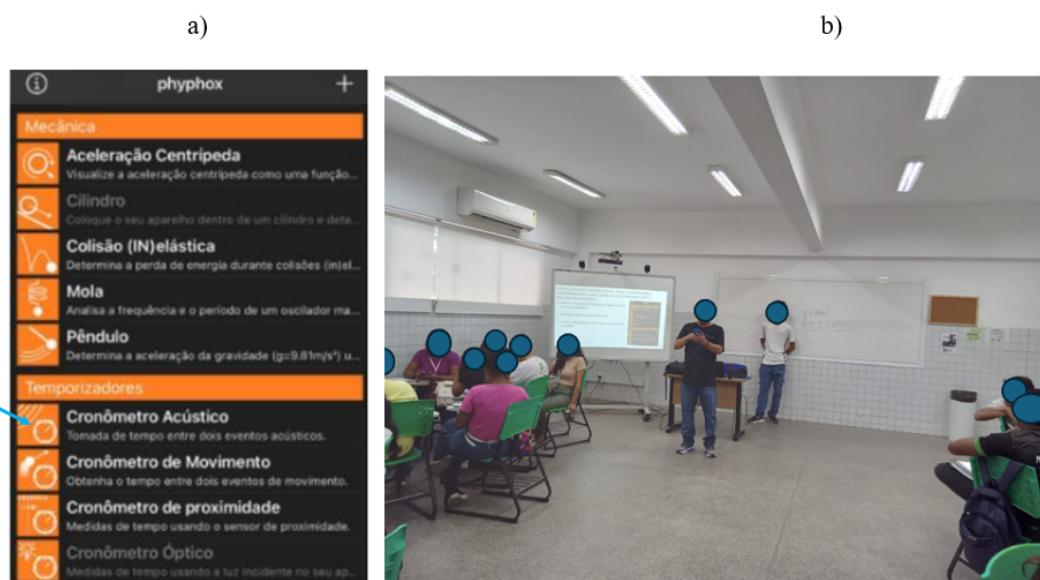


Figura 3: a) Algumas ferramentas do Phyphox. b) Momento em que explico à turma como funciona o cronômetro acústico. Fonte: Autor.



Figura 4: Cronômetro acústico configurado apto a funcionar. Fonte: Autor.

Com o teste bem-sucedido, solicitei que cada equipe repetisse esse procedimento. Após o teste dos cronômetros, passou-se para a etapa da prática experimental que objetivou estimar a aceleração da gravidade local a partir da queda de uma moeda. A priori, solicitei que as equipes preparassem os seguintes materiais para a prática: régua, trena, moeda ou esfera, calculadora, caneta ou lápis e o Phyphox na função cronômetro acústico. Expliquei que cada equipe deveria executar a prática experimental obtendo sua respectiva estimativa da aceleração da gravidade. Para tanto com o auxílio de um estudante, fiz a demonstração da prática experimental para que as quatro equipes a reproduzissem. A montagem da prática experimental foi realizada, colocando-se parte da régua sobre a superfície da mesa do professor e uma moeda sobre a parte da régua que não estava apoiada sobre a mesa. Mediú-se com uma trena a altura H , em metros, que a moeda encontrava-se do solo. A medida resultou em $H = 0,73m$. Um estudante ficou agachado segurando o seu celular com o Phyphox na função cronômetro acionado com o limiar em 0,2.

Com a montagem experimental pronta, mostrada na Figura 5, expliquei que o procedimento experimental consistiria no uso de uma caneta ou lápis para golpear a parte lateral da régua, de modo que a moeda caísse verticalmente a partir do repouso (por inércia) pela ação da força gravitacional. A Figura 6 retrata o procedimento descrito. Esclareci que, ao golpear régua com a caneta, gera-se uma onda sonora que é captada pelo cronômetro acústico que o dispara, dando início a contagem do tempo para o movimento de queda livre. Quando a esfera ou a moeda colide com o chão, é gerada uma segunda onda sonora que fará com que o cronômetro pare. Dessa forma, o intervalo de tempo medido pelo cronômetro acústico corresponde, aproximadamente, ao tempo de queda da moeda. Ao se repetir o mesmo procedimento experimental por 3 vezes, obtém-se três valores, em segundos, de tempo de queda. Expliquei aos discentes que de posse do valor da altura H , em metros, é possível determinar o valor da aceleração da gravidade no local do experimento, para cada tempo de queda, utilizando a equação 7. Em seguida, ensinei que a estimativa da aceleração da gravidade local é obtida calculando-se a média aritmética dos seus valores calculados para cada tempo de queda medido, conforme mostra a equação 8:

$$g_m = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3}, \quad (8)$$

onde g_1 , g_2 e g_3 são os valores das acelerações da gravidade obtidas nas primeira, segunda e terceira medidas, respectivamente.

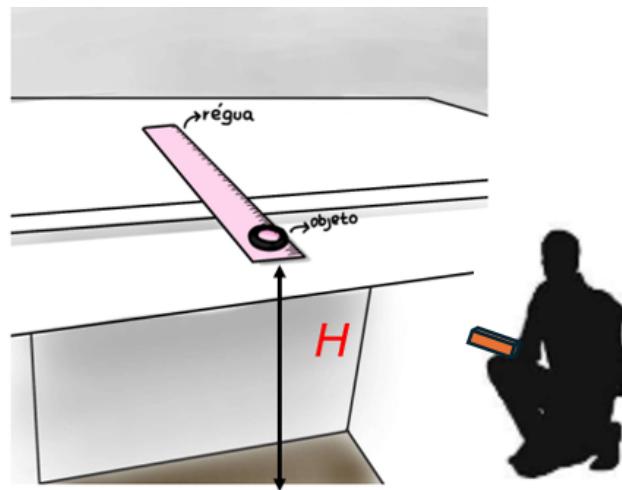


Figura 5: Montagem experimental para a estimativa da aceleração da gravidade local. Fonte: Autor.



Figura 6: Demonstração do procedimento experimental. Fonte: Phypox (2016).

Para fins de facilitar a compreensão por parte do alunado e por economia de tempo, trouxe à oficina os dados do tempo de queda previamente obtidos a partir da mesma prática experimental feita da mesa ($H = 0,775\text{ m}$) da copa de minha residência. Utilizando os dados experimentais constantes na Tabela 1 e utilizando a equação 8, demonstre aos alunos como obter a aceleração da gravidade local experimental (g_m) conforme segue:

$$g_m = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3} = \frac{(9,28 + 9,06 + 8,91)\text{ m/s}^2}{3} \Rightarrow g_m \cong 9,08\text{ m/s}^2.$$

Medida	Tempo de queda t_q (s)	Intervalo de tempo ao quadrado t_q^2 (s ²)	g (m/s ²)
1	0,409	0,167	9,28
2	0,414	0,171	9,06
3	0,417	0,174	8,91

Tabela 1: Dados da estimativa da aceleração da gravidade realizada por mim na mesa da copa de minha residência. **Fonte:** Autor.

Com o valor experimental de 9,08 m/s², adverti os alunos que o valor da aceleração da gravidade obtida da prática é diferente da aceleração local (9,78 m/s²) por conta da limitação da medida de tempo do cronômetro acústico, fazendo que a medida registrada não seja exatamente igual ao tempo de queda (a incerteza nas medidas de tempo com o cronômetro acústico podem chegar a $\pm 35\text{ ms}$). Em consequência disso, ensinei aos alunos como calcular o erro relativo percentual (e_r) presente na prática. Para tanto, orientei os estudantes a usarem a equação abaixo:

$$e_r(\%) = \left| \frac{g_m - g_R}{g_R} \right| \times 100\%. \quad (9)$$

onde $g_R = 9,78\text{ m/s}^2$ é a aceleração da gravidade em São José de Ribamar. Para a minha prática, o erro foi calculado como segue:

$$e_r \% = \left| \frac{g_m - g_R}{g_R} \right| \times 100\% \Rightarrow e_r \% = \left| \frac{9,08 - 9,78}{9,78} \right| \times 100\% \Rightarrow e_r \approx 7,16\%.$$

Com a prática experimental e os cálculos convenientes explicados, solicitei que cada equipe executasse, uma por vez, o seu experimento. Para tanto, dois integrantes de cada equipe se dirigiram à mesa do professor para execução do experimento. Um estudante ficava incumbido de golpear, enquanto o outro segurava agachado o celular com o cronômetro acústico acionado, conforme minhas instruções (vide Figura 7a). A dupla de cada equipe realizou o experimento por três vezes. Os demais integrantes de cada equipe ficaram responsáveis por registrar os tempos de queda para cada uma das três medidas. Ao passo que uma dupla executava a prática experimental, a sala ficava em completo silêncio.

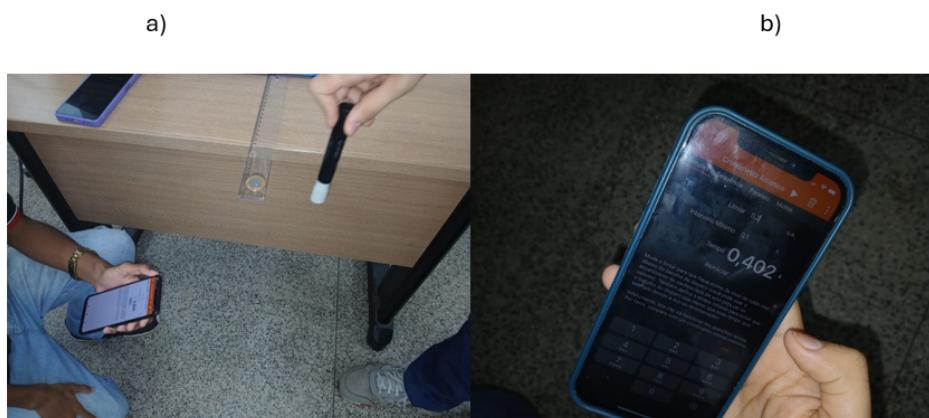


Figura 7: a) Dupla de uma das equipes executando o experimento. b) Uma medida de tempo da queda da moeda registrada pelo cronômetro acústico do Phyphox de uma das equipes. **Fonte:** Autor.

Na Figura 7b, tem-se uma tomada de tempo com o cronômetro acústico de uma das equipes. Depois que todas as equipes executaram os seus respectivos experimentos, foram distribuídas tabelas às equipes, como as Tabelas 2 e 3, para serem preenchidas a partir dos dados experimentais e cálculos pertinentes.

Medida	Tempo de queda t_q (s)	Tempo de queda ao quadrado t_q^2 (s ²)	Aceleração da gravidade g (m/s ²) ($g = \frac{2H}{t_q^2}$)
1			
2			
3			

Tabela 2: Dados experimentais da oficina a serem preenchidos pelas equipes. **Fonte:** Autor.

Aceleração da gravidade local (g_R)	Aceleração da gravidade média (g_m) $g_m = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3}$	Erro relativo percentual (e_r (%)) $e_r(\%) = \left \frac{g_m - g_R}{g_R} \right \times 100\%$

Tabela 3: Dados da estimativa da aceleração da gravidade local e erro experimental a serem preenchidos. **Fonte:** Autor.

Após preenchidas as tabelas e estimadas as acelerações da gravidade, foram distribuídos aos alunos questionários com as seguintes perguntas:

01 - Você já havia feito alguma vez uma prática experimental de Física usando um aplicativo de celular como ferramenta?

() Sim () Não

02 - Você já havia ouvido falar no Phyphox?

() Sim () Não

03 - Você acha que a oficina ministrada lhe ajudou na aprendizagem da Física? Justifique.

Concedi um tempo de 10 min para que os estudantes respondessem ao questionário, encerrando a oficina na sequência.

VI. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 8, encontram-se as tabelas preenchidas pelas equipes. Como se pode observar os valores estimados da aceleração da gravidade das equipes **A**, **B**, **C** e **D** foram 8,74 m/s²;

8,71 m/s²; 9,10 m/s²; e 8,63 m/s². Os erros experimentais foram calculados considerando a aceleração local de referência de 9,78 m/s² que corresponde, aproximadamente, à aceleração da gravidade na cidade de São José de Ribamar (LOPES, 2008), a qual se encontra numa latitude 2,56° e altitude de 11,0 m (DB-CITY, 2024). Os erros obtidos variaram de 6,95% a 11,7%, sendo que a equipe C obteve o melhor resultado. Cabe mencionar que a equipe C na sua terceira medida obteve uma aceleração da gravidade experimental de 9,81 m/s², o que representaria um erro percentual relativo de aproximadamente apenas 0,31%. Todas as equipes calcularam o erro percentual relativo corretamente, exceto a B que estimou um erro de 16,5% quando na verdade o erro é de aproximadamente 10,94%. Os erros obtidos estão dentro de uma margem aceitável para experimentos simples e com fins pedagógicos.

EQUIPE: A				EQUIPE: B			
Medida	Tempo de queda t_1 (s)	Tempo de queda ao quadrado t_1^2 (s ²)	Aceleração da gravidade g (m/s ²) ($g = \frac{2H}{t_1^2}$)	Medida	Tempo de queda t_1 (s)	Tempo de queda ao quadrado t_1^2 (s ²)	Aceleração da gravidade g (m/s ²) ($g = \frac{2H}{t_1^2}$)
1	0,4025	$(0,4025)^2 \approx 0,16025$	$g = \frac{2 \cdot 0,75}{0,16025} = 9,37 \text{ m/s}^2$	1	0,4325	$0,4325^2 \approx 0,18656$	$g = \frac{2 \cdot 0,75}{0,18656} = 8,04 \text{ m/s}^2$
2	0,4115	$(0,4115)^2 \approx 0,16908$	$g = \frac{2 \cdot 0,75}{0,16908} = 8,82 \text{ m/s}^2$	2	0,4155	$0,4155^2 \approx 0,17236$	$g = \frac{2 \cdot 0,75}{0,17236} = 8,71 \text{ m/s}^2$
3	0,4255	$(0,4255)^2 \approx 0,180$	$g = \frac{2 \cdot 0,75}{0,180} = 8,33 \text{ m/s}^2$	3	0,4005	$0,4005^2 \approx 0,16025$	$g = \frac{2 \cdot 0,75}{0,16025} = 9,38 \text{ m/s}^2$
Aceleração da gravidade local (g_R)		Aceleração da gravidade média (g_m)		Aceleração da gravidade média (g_m)		Aceleração da gravidade média (g_m)	
$g_R = 9,78 \text{ m/s}^2$		$g_m = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3}$		$g_m = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3}$		$g_m = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3}$	
$g_R = 9,78 \text{ m/s}^2$		$g_m = \frac{9,37 + 8,04 + 8,82}{3} = 8,74 \text{ m/s}^2$		$g_m = \frac{9,37 + 8,04 + 8,82}{3} = 8,71 \text{ m/s}^2$		$g_m = \frac{9,37 + 8,04 + 8,82}{3} = 8,71 \text{ m/s}^2$	
		$e_r(\%) = \frac{ g_m - g_R }{g_R} \times 100\%$				$e_r(\%) = \frac{ g_m - g_R }{g_R} \times 100\%$	
		$e_r(\%) = \frac{ 8,74 - 9,78 }{9,78} \times 100\% = 10,5\%$				$e_r(\%) = \frac{ 8,71 - 9,78 }{9,78} \times 100\% = 10,94\%$	

EQUIPE: C				EQUIPE: D			
Medida	Tempo de queda t_1 (s)	Tempo de queda ao quadrado t_1^2 (s ²)	Aceleração da gravidade g (m/s ²) ($g = \frac{2H}{t_1^2}$)	Medida	Tempo de queda t_1 (s)	Tempo de queda ao quadrado t_1^2 (s ²)	Aceleração da gravidade g (m/s ²) ($g = \frac{2H}{t_1^2}$)
1	0,427 (s)	0,182329	$g = \frac{2 \cdot 0,75}{0,182329} = 8,23$	1	0,436	0,190096	$g = \frac{2 \cdot 0,75}{0,190096} = 7,39$
2	0,402 (s)	0,161604	$g = \frac{2 \cdot 0,75}{0,161604} = 9,18$	2	0,410	0,1681	$g = \frac{2 \cdot 0,75}{0,1681} = 8,92$
3	0,394 (s)	0,152881	$g = \frac{2 \cdot 0,75}{0,152881} = 9,81$	3	0,406	0,164836	$g = \frac{2 \cdot 0,75}{0,164836} = 9,09$
Aceleração da gravidade local (g_R)		Aceleração da gravidade média (g_m)		Aceleração da gravidade média (g_m)		Aceleração da gravidade média (g_m)	
$g_R = 9,78 \text{ m/s}^2 \rightarrow 0,75 \text{ m}$		$g_m = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3}$		$g_m = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3}$		$g_m = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3}$	
		$g_m = \frac{8,23 + 9,18 + 9,81}{3} = 9,08 \text{ m/s}^2$		$g_m = \frac{8,23 + 9,18 + 9,81}{3} = 9,08 \text{ m/s}^2$		$g_m = \frac{8,23 + 9,18 + 9,81}{3} = 9,08 \text{ m/s}^2$	
		$e_r(\%) = \frac{ g_m - g_R }{g_R} \times 100\%$				$e_r(\%) = \frac{ g_m - g_R }{g_R} \times 100\%$	
		$e_r(\%) = \frac{ 9,08 - 9,78 }{9,78} \times 100\% = 7,15\%$				$e_r(\%) = \frac{ 9,08 - 9,78 }{9,78} \times 100\% = 7,15\%$	

Figura 8: Estimativa da aceleração da gravidade local obtidas pelas equipes A, B, C e D. Fonte: Autor

Dos 41 estudantes que participaram da oficina, 32 responderam às questões 1 e 2 do questionário, enquanto 31 estudantes responderam à questão 3. Os resultados atinentes às duas primeiras questões constam nas Figuras 9 e 10. Com relação à primeira pergunta do questionário, vemos que a maioria dos estudantes nunca haviam utilizado um aplicativo de celular para uma prática experimental de Física. Quanto à segunda questão, a maioria respondeu que não conhecia o Phyphox. Cabe ser colocado aqui, que os 11 estudantes que responderam que conheciam o referido aplicativo, eram todos do segundo ano do curso Y. Tais estudantes, como dito anteriormente, já haviam sido meus alunos no primeiro ano do ensino médio. Analisando esses resultados, percebe-se que é necessário se utilizar mais o celular e aplicativos em prol do ensino da Física, visto que atualmente a maioria dos estudantes possui esse artefato tecnológico. Além disso, há uma variedade de aplicativos

gratuitos, como o Phyphox, que podem ser utilizados de forma a tornar a aprendizagem da Física mais interessante e cativante para o alunado.

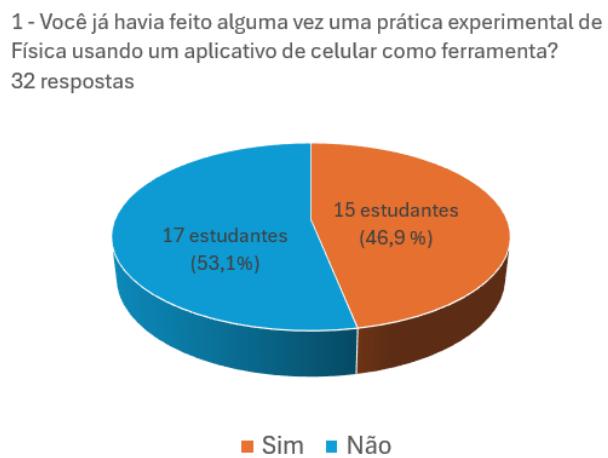


Figura 9: Gráfico com a quantidade de respostas sim e não dos estudantes à primeira pergunta do questionário.
Fonte: Autor.

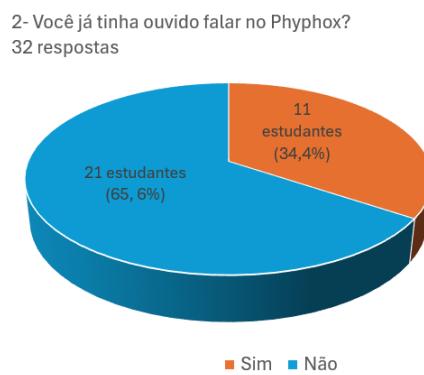


Figura 10: Gráfico com a quantidade de respostas sim e não dos estudantes à segunda pergunta do questionário.
Fonte: Autor.

No que concerne à terceira pergunta, todos os 31 estudantes foram unâimes em responder que a oficina os ajudou a compreender melhor o conteúdo de Física em questão. Abaixo, destaca-se a resposta de quatro estudantes: E1, E2, E3 e E4 a essa pergunta.

E1: - Sim, por meio dela o professor nos apresentou o aplicativo Phyphox que nos ajudou na compreensão de conceitos como aceleração da gravidade. Por meio dele fizemos experimentos usando o próprio celular, o que tornou a oficina mais interessante; pois nos trouxe outra utilidade para ele.

E4: - Sim. Pois percebemos que há vários caminhos para ajudar na aprendizagem.

E2. - Sim. Amei demais, o professor explica muito bem, muito didático.

E3: - Considero interessante essa oficina, pois proporciona que até no próprio celular é possível realizar um experimento físico. Adorei a abordagem, me mostrou novas fórmulas que nunca havia visto e que são de suma importância. O celular pode ser usado como uma alternativa para experimentos físicos dando um novo meio de aprender Física na prática.

Analizando as respostas, foi possível perceber que os estudantes ficaram empolgadas por descobrir que podem aprender Física usando o seu próprio celular como ferramenta pedagógica. Na Figura 11, tem-se os questionários com as respostas dos estudantes: E1, E2, E3 e E4.

OFICINA "APRENDENDO FÍSICA COM O CELULAR: DETERMINANDO A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE COM O APLICATIVO PHYPHOX".

QUESTIONÁRIO SOBRE A OFICINA

01- Você já havia feito alguma vez uma prática experimental de Física usando um aplicativo de celular como ferramenta?
 Sim Não

02- Você já tinha ouvido falar no Phyphox?
 Sim Não

03- Você acha que a oficina ministrada lhe ajudou na aprendizagem de Física?
Justifique.
Sim, por meio dela é despertado meu interesse pelo o aplicativo o aplicativo Phyphox, que me ajuda na compreensão de conceitos como a aceleração da gravidade. Por meio dele fizemos experimentos usando o próprio celular, o qual trouxe a função mais interessante pois ele nos trouxe outra utilidade para ele.

OFICINA "APRENDENDO FÍSICA COM O CELULAR: DETERMINANDO A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE COM O APLICATIVO PHYPHOX".

QUESTIONÁRIO SOBRE A OFICINA

01- Você já havia feito alguma vez uma prática experimental de Física usando um aplicativo de celular como ferramenta?
 Sim Não

02- Você já tinha ouvido falar no Phyphox?
 Sim Não

03- Você acha que a oficina ministrada lhe ajudou na aprendizagem de Física?
Justifique.
Sim, amei demais. O professor explica muito bem, muito didático.

OFICINA "APRENDENDO FÍSICA COM O CELULAR: DETERMINANDO A ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE COM O APLICATIVO PHYPHOX".

QUESTIONÁRIO SOBRE A OFICINA

01- Você já havia feito alguma vez uma prática experimental de Física usando um aplicativo de celular como ferramenta?
 Sim Não

02- Você já tinha ouvido falar no Phyphox?
 Sim Não

03- Você acha que a oficina ministrada lhe ajudou na aprendizagem de Física?
Justifique.
Sim. Pela experiência que há vários caminhos para ajudar na aprendizagem

Figura 11: Algumas respostas selecionadas de estudantes ao questionário. Fonte: Autor.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos pedagógicos da oficina foram alcançados, uma vez que os estudantes conseguiram estimar a aceleração da gravidade local com sucesso com um aparelho tecnológico que eles usam bastante, o qual é o smartphone. No desenrolar da oficina foi possível perceber a empolgação dos estudantes ao realizar a prática experimental, fazendo com que estes tivessem uma participação mais proativa no processo de ensino-aprendizagem, em vez do papel passivo que geralmente os alunos possuem no ensino tradicional. Outrossim, essa oficina mostrou que o celular se apresenta como uma poderosa ferramenta pedagógica no ensino da Física com o potencial de despertar o interesse e facilitar o aprendizado da Física por parte do alunado, conforme comprovado com as respostas à terceira questão do questionário.

Por fim, almeja-se que este relato possa servir de inspiração a professores de Física do ensino médio para que se utilizem de metodologias pedagógicas similares, contribuindo, dessa forma, para o aprimoramento do ensino da Física.

Editora Responsável: Maria de Fátima da Silva Verdeaux

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176194, 2003.
- BARROSO, M. F.; FELIPE, G.; SILVA, T. Aplicativos computacionais e ensino de física. *Atas do IX EPEF Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 2006.
- BELTRÃO, I. S. L.; FREIRE, J. R.; GOMES, E. B.; SOUZA, J. A.; AMOEDO, F. K. F.; SANTOS, E. M. S. Oficina pedagógica: ensino de física para alunos do 2º ano do ensino médio. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v. 22, n. 1, p. 21292143, 2024.
- BRASIL. *Base nacional comum curricular*. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518versaofinalsite.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2025.
- BRASIL. Lei nº 15.100, de 13 de janeiro de 2025. Dispõe sobre a utilização, por estudantes, de aparelhos eletrônicos portáteis pessoais nos estabelecimentos públicos e privados de ensino da educação básica. *Diário Oficial da União*, Brasília, Seção 1, p. 3, 14 jan. 2025. Disponível em: *link*. Acesso em: 9 maio 2025.
- DB-CITY. *São José de Ribamar*. 2024. Disponível em: <<https://pt.db-city.com/Brasil--Maranh%C3%A3o--S%C3%A3o-Jos%C3%A9-de-Ribamar>>. Acesso em: 15 set. 2024.
- FERREIRA, A. J.; COSTA, R. A.; ROCHA, A. S.; SOUSA FEITOSA, R.; ROCHA, E. C. M.; AMADOR, D. H. T.; ROCHA, J. A. A utilização do aplicativo Física Interativa no ensino de Física. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 6, p. e5011068885, 2021.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de física, volume 1: mecânica*. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi, 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Em 2023, 88,0% das pessoas com 10 anos ou mais utilizaram Internet. *Agência de Notícias*, Rio de Janeiro, 16 ago. 2024. Disponível em: *link*. Acesso em: 9 maio 2025.
- LOPES, W. Variação da aceleração da gravidade com a latitude e altitude. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, n. 3, 2008.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. *Revista do Professor de Física*, v. 1, n. 1, p. 113, 2017.

PEDROSO, L. S.; PINTO, J. A.; MACÊDO, J. A.; COSTA, G. A. Experimentos de baixo custo utilizando o aplicativo de física Phyphox. *Latin-American Journal of Physics Education*, v. 14, n. 4, p. 1, 2020.

PEREZ, M. D.; VIALI, L.; LAHM, R. A. Aplicativos para tablets e smartphones para o ensino de física. *Revista Ciências & Ideias*, 2016.

PHYPHOX. *Physical phone experiments*, 2016. Disponível em: <<https://phyphox.org/experiment/free-fall-2/>>. Acesso em: 21 set. 2024.

SANTOS, G.; REIS, J.; SANTOS, B.; PERALTA, M. A. Sequência de ensino investigativa para o ensino da lei de Hooke e movimento harmônico simples: uso do aplicativo Phyphox, o simulador Phet e GIFs. *Revista de Enseñanza de la Física*, v. 31, n. 2, p. 91108, 2019.

SENA, C. G.; FERNANDES, G. W. R. Tecnologias móveis: uma proposta didática de física para o uso do aplicativo Física Lab Resistores. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 5, p. 352376, 2018.

YOUNG, H.; FREEDMAN, R. *Física I*. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.
