

**XI Congresso Internacional
das Licenciaturas**

**EXPLORANDO O PÊNDELO SIMPLES COM O USO DO *SOFTWARE TRACKER*
PARA ANALISAR O MODELO MATEMÁTICO DE FORMA PRÁTICA**

**EXPLORANDO EL PÉNDELO SIMPLE UTILIZANDO EL SOFTWARE
SEGUIMIENTO PARA ANALIZAR EL MODELO MATEMÁTICO DE FORMA
PRÁCTICA**

**EXPLORING THE SIMPLE PENDULUM USING THE TRACKER SOFTWARE TO
ANALYZE THE MATHEMATICAL MODEL IN A PRACTICAL WAY**

Apresentação: Comunicação Oral

Cleydiel Edmar da Silva¹; Adeilson José da Silva²; Vandeilson Moisés de Oliveira³ Abimael Mendes de
Carvalho⁴; Paulo Cardoso Dantas⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.XICOINTERPDVL.0431>

RESUMO

Este artigo explora a aplicação do *software Tracker* no ensino da Educação Básica, com ênfase na análise do Movimento Harmônico Simples (MHS) por meio do experimento do Pêndulo Simples. O objetivo principal deste estudo é investigar como o uso dessa ferramenta tecnológica pode facilitar a compreensão dos conceitos teóricos, proporcionando um aprendizado mais eficiente e dinâmico para os alunos do Ensino Médio. Para alcançar esse objetivo, foi realizado um estudo de natureza quantitativa e experimental com estudantes do 1º ano do Ensino Médio em uma escola estadual de Itainópolis-PI. No experimento, os participantes construíram um pêndulo simples, coletaram os dados das oscilações manualmente e, em seguida, realizaram a vídeo-análise utilizando o *software Tracker*. A fundamentação teórica abordou detalhadamente os conceitos relacionados ao MHS, a dedução de equações matemáticas a partir do movimento do pêndulo, além de explorar as funcionalidades do *software Tracker*. Ao comparar as medições manuais com as obtidas pelo *software*, os resultados mostraram que ambas as formas de coleta de dados foram eficazes na determinação da aceleração gravitacional. Esse processo permitiu uma visualização mais clara e aprofundada dos conceitos físicos estudados. As conclusões indicam que o *software Tracker* promove um aprendizado mais interativo, facilitando a integração entre a teoria e a prática, o que resultou em maior envolvimento e participação dos alunos nas atividades experimentais. Esse contraste em relação ao método tradicional expositivo reforça a importância da inclusão de atividades práticas no processo de ensino e aprendizagem. O estudo também sugere que o uso de tecnologias educacionais, como o *Tracker*, pode transformar o ensino de ciências, promovendo o desenvolvimento do pensamento crítico e da curiosidade científica nos alunos.

Palavras-Chave: Pêndulo Simples, *Tracker*, Movimento Harmônico Simples, Modelagem Matemática.

RESUMEN

Este artículo explora la aplicación del software Tracker en la enseñanza de Educación Básica, con énfasis en el análisis del Movimiento Armónico Simple (MAS) a través del experimento del Pêndulo Simple. El principal objetivo de este estudio es investigar cómo el uso de esta herramienta tecnológica

1 PROFMAT, IFPI – Campus Floriano, cleydielsilvajc@gmail.com

2 PROFMAT, IFPI – Campus Floriano, adeilsonprofessor452@gmail.com

3 PROFMAT, IFPI – Campus Floriano, vandeilsonnota10@gmail.com

4 PROFMAT, IFPI – Campus Floriano, abimaelmc2009@hotmail.com

5 PROFMAT, IFPI – Campus Floriano, paulocd2010@gmail.com

puede facilitar la comprensión de conceptos teóricos, brindando un aprendizaje más eficiente y dinámico a los estudiantes de secundaria. Para lograr este objetivo, se realizó un estudio cuantitativo y experimental con estudiantes del 1er año de secundaria de una escuela pública de Itainópolis-PI. En el experimento, los participantes construyeron un péndulo simple, recopilaron datos de oscilación manualmente y luego realizaron análisis de video utilizando el software Tracker. La fundamentación teórica abarcó en detalle los conceptos relacionados con MAS, la deducción de ecuaciones matemáticas a partir del movimiento del péndulo, además de explorar las características del software Tracker. Al comparar las mediciones manuales con las obtenidas por el software, los resultados mostraron que ambas formas de recolección de datos fueron efectivas para determinar la aceleración gravitacional. Este proceso permitió una visualización más clara y profunda de los conceptos físicos estudiados. Las conclusiones indican que el software Tracker promueve un aprendizaje más interactivo, facilitando la integración entre teoría y práctica, lo que resultó en una mayor implicación y participación de los estudiantes en actividades experimentales. Este contraste en relación al método expositivo tradicional refuerza la importancia de incluir actividades prácticas en el proceso de enseñanza y aprendizaje. El estudio también sugiere que el uso de tecnologías educativas, como Tracker, puede transformar la enseñanza de las ciencias, promoviendo el desarrollo del pensamiento crítico y la curiosidad científica en los estudiantes.

Palabras Clave: Péndulo Simple, Rastreador, Movimiento Armónico Simple, Modelado Matemático.

ABSTRACT

This article explores the application of the Tracker software in teaching Basic Education, with emphasis on the analysis of Simple Harmonic Motion (SHM) through the Simple Pendulum experiment. The main objective of this study is to investigate how the use of this technological tool can facilitate the understanding of theoretical concepts, providing more efficient and dynamic learning for high school students. To achieve this objective, a quantitative and experimental study was carried out with 1st year high school students at a state school in Itainópolis-PI. In the experiment, the participants built a simple pendulum, collected oscillation data manually, and then performed video analysis using the Tracker software. The theoretical basis addressed in detail the concepts related to SHM, the deduction of mathematical equations from the pendulum movement, in addition to exploring the functionalities of the Tracker software. When comparing manual measurements with those obtained by the software, the results showed that both forms of data collection were effective in determining gravitational acceleration. This process allowed for a clearer and more in-depth visualization of the physical concepts studied. The conclusions indicate that the Tracker software promotes more interactive learning, facilitating the integration between theory and practice, which resulted in greater student involvement and participation in experimental activities. This contrast with the traditional expository method reinforces the importance of including practical activities in the teaching and learning process. The study also suggests that the use of educational technologies, such as Tracker, can transform science teaching, promoting the development of critical thinking and scientific curiosity in students.

Keywords: Simple Pendulum, Tracker, Simple Harmonic Motion, Mathematical Modeling.

INTRODUÇÃO

A matemática, como uma das disciplinas fundamentais no currículo escolar, engloba uma vasta gama de tópicos que variam em níveis de abstração, exigindo diferentes graus de concentração e empenho por parte dos alunos. Enquanto tópicos mais concretos podem ser assimilados com relativa facilidade, conceitos mais abstratos, como os que envolvem a física matemática, demandam abordagens pedagógicas inovadoras por parte dos educadores. É nesse contexto que a introdução de ferramentas tecnológicas no processo de ensino-aprendizagem tem se mostrado cada vez mais relevante.

A sociedade contemporânea é marcada pelo avanço acelerado das tecnologias, com a popularização de dispositivos como computadores pessoais e smartphones, além de uma diversidade de *softwares* educacionais que facilitam o acesso à informação e promovem novas formas de aprender. Borba, Da Silva e Gadanis (2018) destacam que essas inovações tecnológicas proporcionam cenários alternativos para a educação, em especial para o ensino de matemática, permitindo aos alunos uma aprendizagem mais dinâmica e interativa.

Neste artigo, exploramos o uso do *software Tracker*, uma ferramenta educacional livre que transforma vídeos de fenômenos físicos em modelos matemáticos por meio da plotagem de gráficos. A abordagem se fundamenta na modelagem matemática, que é essencial para conectar conceitos teóricos a situações práticas. A modelagem permite a criação de representações simplificadas de fenômenos reais, facilitando a análise e a compreensão de conceitos complexos, como o Movimento Harmônico Simples (MHS), tema central deste estudo.

De acordo com Nunes (2024), a modelagem matemática surge como uma estratégia promissora para lidar com os desafios de despertar o interesse dos alunos e demonstrar a aplicabilidade de conceitos abstratos no cotidiano dos alunos. Ao representar e solucionar problemas do mundo real utilizando modelos matemáticos, ela possibilita uma ligação mais concreta entre os conceitos matemáticos e as experiências cotidianas dos alunos, tornando o aprendizado mais significativo e atraente.

Este estudo busca responder o seguinte questionamento: Como a realização de um experimento prático com o uso do *software Tracker* pode auxiliar na compreensão dos conceitos teóricos do Movimento Harmônico Simples (MHS), promovendo um aprendizado mais eficaz entre os alunos do 1º ano do Ensino Médio?

A hipótese levantada é que a realização de um experimento prático sobre o Pêndulo Simples, aliado ao uso do *software* educacional *Tracker*, facilita a visualização e compreensão dos conceitos teóricos de Movimento Harmônico Simples (MHS) pelos alunos, promovendo uma maior conexão entre teoria e prática. Essa abordagem tecnológica, integrada ao ensino de física e matemática, não apenas melhora a precisão dos cálculos, como também aumenta o engajamento dos alunos ao lidar com conteúdos abstratos, resultando em um aprendizado mais eficaz.

Assim, este estudo teve como objetivo principal verificar, por meio de um experimento prático, a aplicabilidade dos conceitos teóricos de Movimento Harmônico Simples (MHS), reforçando o aprendizado dos alunos sobre a temática. Para isso, foi realizado um experimento com o pêndulo simples, apresentando análises gráficas da movimentação, comparando os dados obtidos pelo *software Tracker* com os registrados manualmente pelos alunos, e determinando a

aceleração gravitacional a partir dessas comparações com o uso de fórmulas matemáticas.

Este estudo é de natureza quantitativa e o tipo de pesquisa é experimental. Dentre os procedimentos realizados está a realização de experimento prático com o Pêndulo Simples, onde os alunos realizaram medições manuais e, em seguida, utilizaram o *Tracker* para gerar os gráficos correspondentes. Os dados coletados foram analisados com base em modelos matemáticos já estabelecidos, e o *software* se mostrou eficaz ao proporcionar uma experiência de aprendizado mais interativa e intuitiva.

Este estudo contribui para a discussão sobre o uso de tecnologias educacionais na sala de aula, especificamente no ensino de física e matemática, e mostra como a modelagem matemática pode ser utilizada de forma prática para facilitar a compreensão de conceitos abstratos. Além disso, demonstra como ferramentas como o *Tracker* podem ser integradas ao ensino de matemática e física, promovendo um aprendizado mais dinâmico e engajador para os alunos, de acordo com as competências da BNCC, em especial a habilidade EM13CNT101.

Posto isso, apresenta-se a seguir os capítulos que estruturam este artigo. Este é o capítulo introdutório, proposto para contextualizar o tema em questão, apresentar o problema de pesquisa, o objetivo e a justificativa para realização do estudo. O segundo capítulo é destinado a fazer uma revisão de literatura para fundamentar teoricamente este trabalho. O terceiro capítulo tem a finalidade de apresentar a estrutura metodológica deste estudo. Por fim, no quarto capítulo, é realizada a análise e discussão dos resultados obtidos e o quinto capítulo apresenta as considerações finais acerca deste estudo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

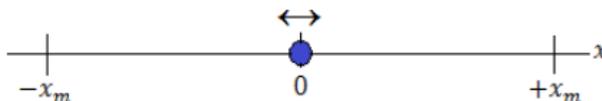
MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

O movimento é um fenômeno imprescindível presente na natureza, classificá-lo é um trabalho muito complexo, pois compreende limites do mundo microscópico e macroscópico. Essa complexidade torna-se maior devido à relatividade da ideia de movimento, visto que depende de um referencial, isto é, quando afirmamos que um objeto está em movimento estamos dizendo que sua posição está variando em relação a um ponto fixo.

No entanto, quando esse movimento está variando nas vizinhanças de uma determinada região, tomada inicialmente como referencial, o definimos como oscilação. Daí, um objeto que se movimenta para frente e para trás em volta de um referencial dado está em um movimento

oscilatório. Este movimento ainda é classificado como periódico se se repete com intervalos regulares (Halliday; Resnick e Walker, 2018).

Figura 01: Movimento de oscilação de uma partícula



Fonte: Ferreira (2021).

Portanto, um objeto que se movimenta para frente e para trás em torno de um referencial e que se repete uniformemente em intervalos de tempo idênticos, está em um movimento periódico oscilatório. O Movimento Harmônico Simples é um exemplo particular de movimento periódico oscilatório. “Dois fatores indispensáveis para tal oscilação: a presença de uma força restauradora e a inércia do corpo. A força restauradora age no intuito de fazer o corpo voltar à posição de equilíbrio” (Silva, 2016, p. 17).

O MHS pode ser compreendido como o movimento realizado por um corpo que oscila em torno de uma posição de equilíbrio, posição esta na qual a resultante das forças atuantes é nula. Podemos estudar o movimento harmônico, por exemplo, através do movimento descrito por um pêndulo ou de um corpo preso a uma mola (Santos, 2017, p. 5).

O Movimento Harmônico Simples (MHS) pode ser compreendido observando-se uma sequência de instantes de um sistema oscilatório básico. Uma característica essencial desse tipo de movimento é a frequência (f), definida como o número de oscilações realizadas em um segundo (Halliday; Resnick; Walker, 2018). Além disso, outra propriedade associada à frequência é o período (T), que representa o tempo necessário para que uma oscilação completa ocorra (Tipler; Mosca, 2016). A relação entre o período e a frequência é expressa por:

$$T = \frac{1}{f}$$

Quando o movimento de uma partícula se repete em intervalos constantes, chamamos esse fenômeno de movimento harmônico. O MHS recebe o termo “simples” por ser o movimento oscilatório mais fácil de entender e por ocorrer em diversos sistemas naturais. Um pêndulo, um corpo preso a uma mola, a corda de um violão e o movimento de Translação (Terra em volta do Sol) são exemplos de movimentos periódicos do nosso dia a dia.

De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2018) as equações desse movimento são modeladas por meio da função senoidal do tempo t , isto é, pode ser escrita como um seno ou cosseno de t . Sendo assim, temos, a seguir, a função cosseno que descreve o deslocamento ou posição x no instante t , da partícula ilustrada na Figura 01.

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \theta)$$

Onde x_m é a amplitude que determina o valor máximo da oscilação, e o argumento da função cosseno ($\omega t + \theta$) é a fase do movimento, tendo ω representando a frequência angular do movimento e θ o ângulo constante de fase.

Para determinar a relação entre frequência angular ω e a frequência f e o período T , basta observar que, de acordo com a definição de período, a posição $x(t)$ da partícula deve ser a mesma que a posição inicial depois de ocorrido exatamente um período. Assim, se $x(t)$ é a posição da partícula em um dado instante t , a partícula deve estar na mesma posição no instante $t + T$ (Halliday; Resnick; Walker, 2018, p. 90).

Os autores demonstram essa condição, utilizando a equação apresentada acima, tomando $\theta = 0$ para evitar complicações desnecessárias. Assim, obtém-se a seguinte igualdade:

$$x_m \cos \omega t = x_m \cos \omega(t + T)$$

Como “a função cosseno volta a ter o mesmo valor pela primeira vez quando o argumento (ou seja, a fase) aumenta de 2π ” (Halliday; Resnick; Walker, 2018, p. 90), obtemos da equação acima que:

$$\omega(t + T) = \omega t + 2\pi$$

$$\omega T = 2\pi$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Como $T = \frac{1}{f}$, obtemos:

$$\omega = 2\pi f$$

Pêndulo Simples

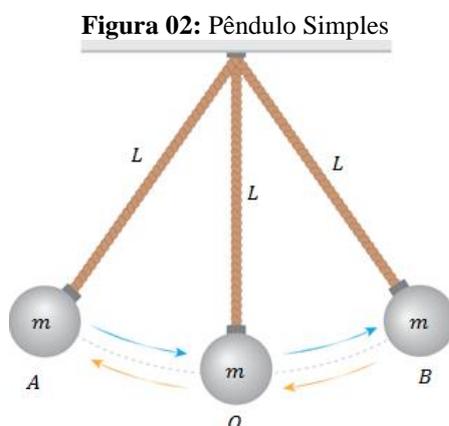
Em meados do século XVI, Galileu Galilei (1564 – 1642) estava na Catedral de Pisa (Itália) e observou o movimento de um lustre, então teve a ideia de medir o tempo de oscilação desse movimento. Como o relógio e o cronômetro ainda não existiam, a medição do tempo de oscilação foi feita contando as batidas do seu próprio pulso. Com isso, Galileu percebeu que mesmo quando as oscilações diminuam o tempo delas permanecia o mesmo.

Em casa ele repetiu o experimento, dessa vez utilizando uma bola de metal suspensa numa corda, e confirmou o mesmo resultado que obteve na catedral, observando o lustre. E ainda observou outro fato: o tempo das oscilações era relacionado ao comprimento do fio. Com base nessas observações, Galileu Galilei notou que o pêndulo poderia ser uma ferramenta para

medir o tempo e desenvolveu o primeiro relógio de pêndulo com o objetivo de medir as pulsações dos seus pacientes.

Drake (1981) afirma que o que mais impressionou Galileu no pêndulo não foi apenas que oscilava para trás e para frente em tempos iguais, mas que o tempo de oscilação continuava o mesmo quer o arco pelo qual oscilava fosse grande ou pequeno.

Diante dessa breve história sobre o surgimento do pêndulo simples fica ainda o questionamento sobre o que exatamente é o pêndulo simples e como podemos defini-lo. Apresentamos a seguir uma definição: Quando um corpo de massa m , preso a um fio de comprimento L oscila em torno de uma posição O , descrevendo o arco \widehat{AOB} temos um Pêndulo Simples (Silva, 2016).



Fonte: Adaptado de Melo (2022).

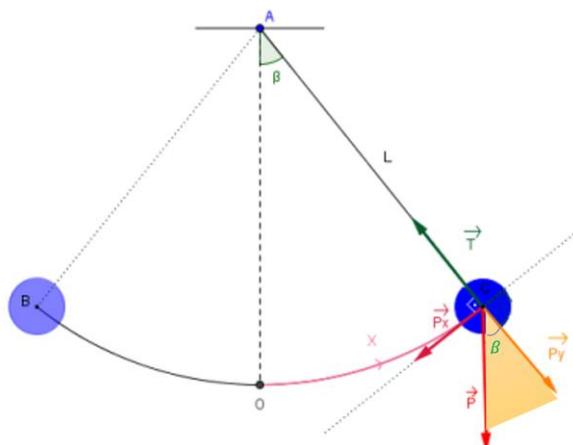
Portanto, desconsiderando a resistência do ar e as outras forças dissipativas, um fio inextensível suspenso, com uma massa presa a ele é um exemplo de Pêndulo Simples.

Sendo assim, quando deslocamos a massa (Figura 02) da posição de repouso O no sentido de B ou de C e a soltamos, o pêndulo oscila e as forças mais importantes que exercem influência sobre a massa m são: a força peso (P), exercida pela Terra, e a tensão (T), exercida pelo fio. Covenientemente, podemos decompor a força peso em suas duas componentes ortogonais, (P_y), paralela à direção definida pelo fio, e (P_x), perpendicular a essa direção. Assim, em módulo, temos:

$$P_y = mg \cos \beta \quad e \quad P_x = mg \sin \beta$$

Onde m é a massa do objeto, g é a aceleração gravitacional e β é o ângulo formado pela amplitude do objeto em relação ao seu ponto de equilíbrio.

Dessa forma podemos afirmar que as forças que atuam sobre o objeto são P_y , P_x e T . Observe o esquema abaixo onde descreve a atuação dessas forças.

Figura 03: Forças atuantes no pêndulo simples

Fonte: Adaptado de Silva (2016).

Segundo Lima Júnior (2017), em movimentos cuja oscilação não exceda 15° , temos que o $\sin \beta$ é aproximadamente β em radianos. Então temos:

$$\sin \beta \approx \beta = \frac{x}{L}$$

Pelo triângulo destacado na Figura 03, temos que:

$$\sin \beta = \frac{P_x}{P}$$

Portanto, $P_x = P \sin \beta$. Porém, como $P = mg$, obtemos:

$$P_x = mg \frac{x}{L}$$

Temos ainda que P_x é a força resultante, logo, pela Segunda Lei de Newton, ganhamos:

$$P_x = ma$$

Comparando as duas equações imediatamente acima, obtemos:

$$mg \frac{x}{L} = ma$$

Isolando o a , obtemos a aceleração do pêndulo simples:

$$a = -g \frac{x}{L}$$

Esse sinal negativo indica que a aceleração escalar é na direção oposta à abertura x .

No Movimento Harmônico Simples, a propriedade fundamental das oscilações diz:

$$a = -\omega^2 x$$

Onde ω é a frequência angular.

Assim, comparando as duas equações prontamente acima, obtemos:

$$\omega^2 = \frac{g}{L}$$

Sabemos que, pelo Movimento Circular Uniforme (MCU), a frequência angular é dada por:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Substituindo a equação imediatamente acima na anterior a ela, temos:

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{g}{L}$$

Agora, isolando T, encontramos o período de oscilação do pêndulo simples:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Dessa forma, mostramos que o período de oscilação do pêndulo simples depende apenas da gravidade local e do comprimento do fio, não sofrendo interferência nem da massa do objeto e nem da amplitude, desde que $\beta \leq 15^\circ$.

Isolando g na equação acima, podemos definir o valor da gravidade local, observe:

$$g = L \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$$

PROGRAMA TRACKER

Atualmente existem várias ferramentas tecnológicas e novas metodologias que auxiliam o professor, tornando o processo de ensino e aprendizagem mais atrativo, fugindo do ensino tradicional com “quadro e giz”. Uma alternativa para tornar essas aulas mais atraentes é fazer experimentos com a participação dos alunos, permitindo que haja um paralelo entre a teoria e a prática.

Uma alternativa que surgiu nas últimas décadas para a realização de experimentos são as tecnologias educacionais, como aplicativos e simuladores. Há diversas opções destes softwares que são gratuitos e com alta usabilidade em sala de aula, por meio de computadores ou smartphones. Estes recursos, enquadrados como Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), surgem, na educação, como importantes ferramentas que podem ser empregadas nos diversos níveis de ensino, não somente como uma alternativa para a realização de aulas práticas, mas também como forma de modificar as aulas [...] nas escolas e universidades brasileiras (Fontes et. al., 2019, p.43).

Dessa forma, temos uma ótima ferramenta para auxiliar no estudo do Movimento Harmônico Simples com a utilização do experimento do Pêndulo Simples, essa ferramenta é o *software Tracker*, que instiga a aprendizagem do aluno e atrai sua atenção, garantindo que o conhecimento seja adquirido e o desempenho seja melhorado.

O *Tracker* é um *software* de simples compreensão e apropriado para utilização nas escolas, pois além de ser manuseado facilmente é gratuito e de uso livre, sendo necessário apenas um computador para operacioná-lo e um aparelho para fazer a filmagem do fenômeno físico.

O *Tracker* é um *software* livre, gratuito e disponível para ser baixado nos sistemas operacionais *Windows*, *Linux* e *MacOS*. Ele utiliza o método da vídeo-análise para coletar dados presentes em fenômenos físicos diversos. Seu funcionamento é dado da seguinte forma: primeiro deve ser realizada a filmagem do fenômeno físico, em seguida deve ser feito o *upload* do vídeo no programa, logo após são dados alguns comandos no *software* que se incube de coletar os dados e gerar os gráficos. Todas as instruções necessárias estão descritas nos manuais do programa (Sousa, 2018).

Existem muitas ferramentas de modelagem, contudo destaca-se aqui o software de análise de vídeo Tracker®, feito com base na estrutura do Java Open Source Physics (OSP). Ele possibilita a edição do vídeo, com a calibragem e corte, coletando um frame por vez, com base nesses dados ele confecciona variados tipos de gráficos. De uma forma geral ele possibilita destaques importantes do fenômeno, como o posicionamento e a variação do mesmo, utilizando a modelagem matemática para tal (Batista; Schuhmacher, 2022, p. 30356).

Desta forma, afirmamos que há uma relação de aprendizagem muito grande entre os ambientes de aprendizagem, a modelagem matemática e as ferramentas computacionais, pois permitem que o aluno execute as atividades experimentais com mais facilidade e empenho.

Assim sendo, a matemática é tida como uma linguagem fundante do conhecimento físico, pois dá apoio e permite a modelagem de fenômenos observáveis com os modelos teóricos (Pietrocola, 2002). O *Tracker* auxilia os alunos a trabalhar essas situações em várias perspectivas, dando novo significado aos conceitos estudados, possibilitando que haja uma aprendizagem potencialmente significativa

METODOLOGIA

Tendo como base a ideia de que método é um processo ou algoritmo para atingir determinado objetivo e que o propósito da ciência é produção e investigação do conhecimento, define-se o método científico como “um conjunto de procedimentos adotados com o propósito

de atingir o conhecimento” (Prodanov; Freitas, 2013, p. 24).

Esses métodos são responsáveis por determinar todos os processos lógicos que deverão ser adotados durante a investigação científica. Com base nisso, apresenta-se, a seguir, o arcabouço metodológico que orientou a execução desse estudo.

Quanto à natureza da pesquisa este estudo classifica-se como quantitativo. A pesquisa quantitativa “considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las” (Prodanov; Freitas, 2013, p. 69). Isso se evidencia pelo fato de os alunos coletarem dados mensuráveis durante o experimento, como o tempo de oscilação do pêndulo e o comprimento do fio, além da análise dos resultados por meio de cálculos matemáticos.

Em relação ao tipo de pesquisa, classifica-se como pesquisa experimental. Segundo Gil (2008), o método experimental consiste, especialmente, em submeter os objetos de estudo à influência de certas variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo investigador, para observar os resultados que a variável produz no objeto. Assim, este estudo é experimental uma vez que envolve a realização de um experimento controlado (o pêndulo simples) com o objetivo de testar uma teoria ou conceito (Movimento Harmônico Simples). Os alunos participaram ativamente na montagem do experimento, coleta de dados e análise dos resultados.

O campo de pesquisa é educacional, focado no ensino de física e matemática. A pesquisa foi realizada em ambiente escolar, dentro de uma sala de aula de ensino médio, com um enfoque prático e pedagógico.

O experimento foi realizado no Centro Estadual de Tempo Integral Álvaro Rodrigues, localizado na cidade de Itainópolis – PI, distante 368 km da capital Teresina – PI. A escola contempla a modalidade Educação Básica, no nível Ensino Médio. É composta de 9 turmas, sendo 3 turmas de cada série do Ensino Médio, atualmente possui uma média de 220 alunos matriculados. A turma escolhida para realização do experimento foi a turma 1º ano A.

Inicialmente foi repassada aos alunos a parte teórica sobre o tema em questão. Explicou-se o que é um Movimento Periódico Oscilatório e que o Movimento Harmônico Simples é um tipo de Movimento Periódico Oscilatório. Em seguida foi exposto que para melhor compreensão desse movimento seria realizado o experimento Pêndulo Simples. Para contextualizar foi relatada aos alunos a história do surgimento do pêndulo e sua aplicação no cotidiano, bem como a sua definição formal.

Logo após apresentou-se a parte matemática do movimento. Por meio da análise das forças que atuam no sistema do pêndulo e alguns conhecimentos matemáticos deduzimos as

principais fórmulas necessárias para o estudo, a saber: a fórmula da aceleração do pêndulo, o período oscilatório do pêndulo e a gravidade local.

Depois de ser explanada a teoria, partimos para a prática. Inicialmente foi proposto aos alunos que construíssem o pêndulo. Para isso foram utilizados os seguintes materiais:

- Base de madeira;
- Hastes de madeira medindo 0,70m e 0,25m;
- Barbante;
- Pêndulo metálico;
- Parafusos;
- Chave estrela.

Figura 04: Materiais utilizados para confecção do pêndulo simples



Fonte: Própria (2023).

Com a chave estrela e os parafusos fixou-se a haste maior na base e a haste menor na haste maior, em seguida amarrou-se o barbante na haste menor e suspendeu-se o pêndulo metálico de modo que o comprimento do fio foi de 0,47m.

Figura 05: Confecção do pêndulo simples pelos alunos



Fonte: Própria (2023).

Após a construção do pêndulo o professor explicou como seria feito o experimento, que os alunos deveriam medir a extensão do fio que suspendia o pêndulo e a haste que ficou na posição vertical, que após puxar o pêndulo e soltar deveriam cronometrar o tempo de cada oscilação, e que deveriam gravar a movimentação do pêndulo. O professor explicou ainda que essa gravação seria para fazer a vídeo-análise no programa *Tracker* e comentou como esse *software* funciona e sua importância para o experimento.

Para essa etapa do experimento foram utilizados os seguintes materiais:

- Régua;
- Cronômetro;
- *Smartphone*;
- *Notebook*;
- Folhas de papel e caneta.

Figura 06: Professor ensinando como fazer o experimento



Fonte: Própria (2023).

Feito isso, com o auxílio do professor, o vídeo foi carregado no programa *Tracker* e feita a análise do mesmo. Em posse dos dados obtidos por meio da análise no programa e dos dados coletados pelos alunos foram realizados os cálculos com utilização da teoria anteriormente apresentada e, em seguida, confrontou-se os resultados que serão apresentados na seção a seguir.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Arnold et al. (2011, p. 1), “a abordagem do pêndulo como elemento de estudo pode ocorrer em diferentes níveis, mas, inequivocamente, encontra-se sempre presente nas disciplinas introdutórias de física básica”. Isso se deve ao fato de que a aplicação prática de

conceitos abstratos, muitas vezes apresentados apenas de forma teórica, torna a compreensão mais acessível para os alunos. A prática permite que esses conceitos sejam visualizados e experimentados, facilitando o processo de aprendizagem e promovendo um entendimento mais claro dos conteúdos.

Com isso, apresenta-se, a seguir, os resultados obtidos a partir da realização do experimento com os estudantes.

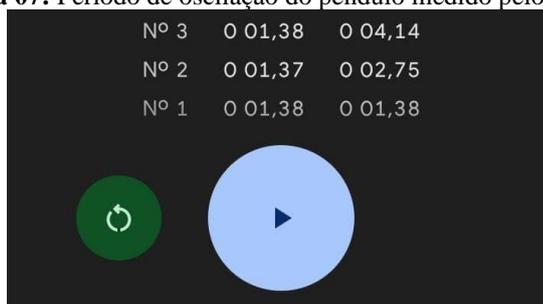
Os alunos realizaram a medição do comprimento da haste de madeira na vertical e do fio que suspende o pêndulo, utilizando a régua, e obtiveram os seguintes resultados:

- ✓ Haste de madeira na vertical: 0,70m
- ✓ Fio que suspende o pêndulo: 0,47m

Em seguida, um aluno puxou o pêndulo e o soltou, com o *smartphone* gravou-se o vídeo do movimento e com o cronômetro registrou-se o período de oscilação do pêndulo, conforme Figura 07.

Figura 07: Período de oscilação do pêndulo medido pelos alunos

Nº 3	0 01,38	0 04,14
Nº 2	0 01,37	0 02,75
Nº 1	0 01,38	0 01,38



Fonte: Própria (2023).

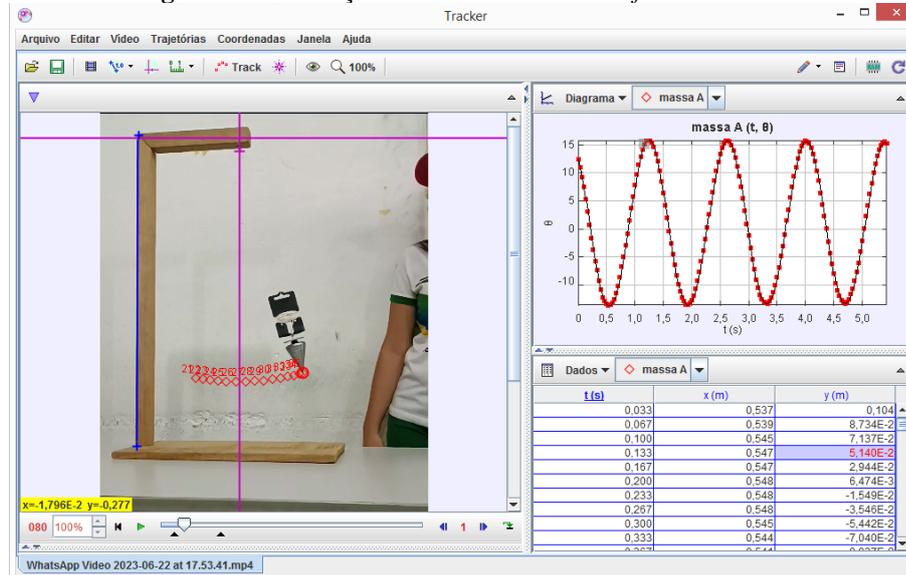
De acordo com a medição feita pelos alunos, o período médio de oscilação do pêndulo foi de 1,376 segundos.

Em seguida foi feito no *notebook* o *upload* do vídeo gravado para, assim, iniciar a análise do mesmo. De início o vídeo foi cortado, para trabalhar apenas com o movimento de oscilação do pêndulo. Em seguida, foi realizada a calibragem da prática experimental (Ver Figura 08), isto é, informar ao *software* um tamanho de referência de um objeto de tamanho conhecido presente no vídeo. Nesse caso foi informado o tamanho da haste de madeira na vertical, medida previamente pelos alunos. Adiante foi inserido o plano cartesiano, para que o *software* identifique em qual eixo o pêndulo está oscilando, como está ocorrendo essa oscilação e qual é o ponto central.

Feito isso, iniciou-se a coleta de dados, fazendo a marcação da posição da extremidade do pêndulo a cada *frame* (quadro) do vídeo. Após concluir esse procedimento foram coletados

164 dados e um gráfico surgiu na lateral, sendo possível identificar o movimento oscilatório nesse gráfico. Observe a Figura 08 a seguir.

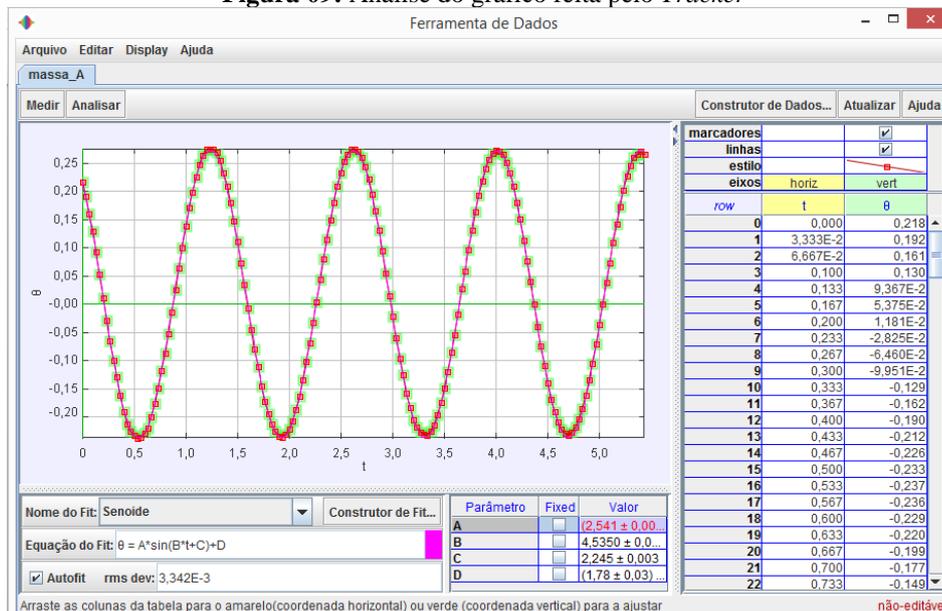
Figura 08: Calibração e coleta de dados no *software Tracker*



Fonte: Própria (2023).

Em seguida, começou-se a análise do gráfico, para isso, alguns valores foram informados ao *Tracker* com base na equação senoidal que o mesmo indicou, para que fossem feitos os ajustes necessários no gráfico pelo *software*. Um desses valores foi a amplitude que, nesse caso, foi de 0,256. O outro valor foi referente à frequência angular, para adquirir um valor aproximado do presente no gráfico, com essas informações, clicando no comando “autofit” o programa é capaz de realizar toda a análise do gráfico.

Figura 09: Análise do gráfico feita pelo *Tracker*

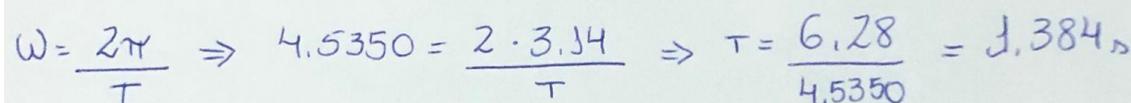


Fonte: Própria (2023).

Com posse dos dados informados pelo *Tracker* temos que a frequência angular desse gráfico é $\omega = 4,5350$ (Na Figura 09 este dado está representado pela letra B). Com ela é possível encontrar o período de oscilação do pêndulo, utilizando a equação:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Figura 10: Período de oscilação calculado pelos alunos com base nos dados do *Tracker*



$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 4,5350 = \frac{2 \cdot 3,14}{T} \Rightarrow T = \frac{6,28}{4,5350} = 1,384 \text{ s}$$

Fonte: Própria (2023).

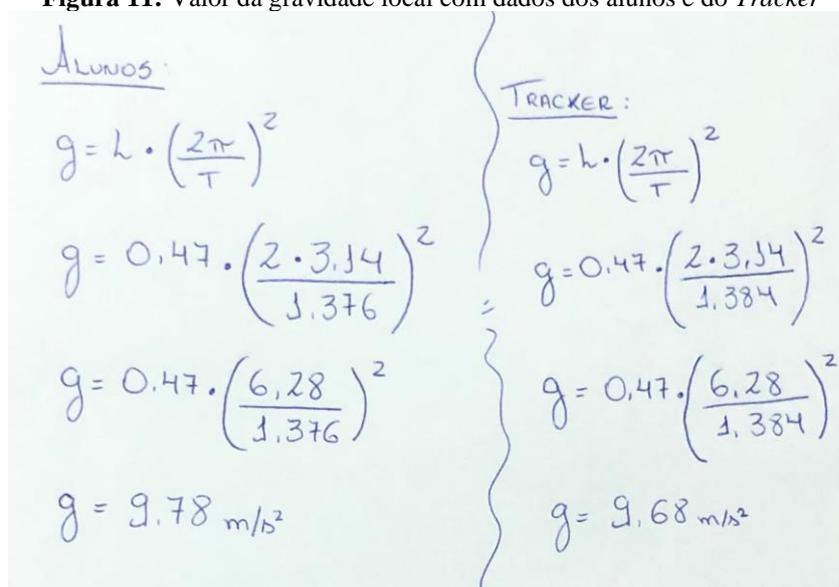
Observe que houve uma ligeira diferença entre o período de oscilação medido pelos alunos no cronômetro (1,376 segundos) e o período de informação calculado a partir dos dados obtidos no programa *Tracker* (1,384 segundos).

Resnick, Halliday e Krane (2007, p. 95) evidenciam que a “utilização do pêndulo simples também propicia um procedimento conveniente para a medição do valor da aceleração gravitacional”. Assim, encontrado o período, podemos determinar um valor experimental para a aceleração gravitacional, por meio da equação do período de oscilação do pêndulo simples, visto que já possuímos o comprimento do fio e o valor 2π é constante.

Portanto, determinamos a aceleração gravitacional (g) usando a equação a seguir:

$$g = L \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2$$

Figura 11: Valor da gravidade local com dados dos alunos e do *Tracker*



<p><u>ALUNOS:</u></p> $g = L \cdot \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2$ $g = 0,47 \cdot \left(\frac{2 \cdot 3,14}{1,376} \right)^2$ $g = 0,47 \cdot \left(\frac{6,28}{1,376} \right)^2$ $g = 9,78 \text{ m/s}^2$	}	<p><u>TRACKER:</u></p> $g = L \cdot \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2$ $g = 0,47 \cdot \left(\frac{2 \cdot 3,14}{1,384} \right)^2$ $g = 0,47 \cdot \left(\frac{6,28}{1,384} \right)^2$ $g = 9,68 \text{ m/s}^2$
--	---	---

Fonte: Própria (2023).

Sendo assim, apresenta-se a seguir a tabela que contém os dados obtidos pela marcação dos alunos e pela análise do *Tracker*.

Quadro 01: Dados obtidos no experimento

	Alunos	Tracker
<i>L</i> (m)	0,47	0,47
<i>T</i> (s)	1,376	1,384
<i>g</i> (m/s²)	9,78	9,68

Fonte: Própria (2023).

Com base nisso observamos que a diferença entre o valor da gravidade encontrado através dos dados coletados pelos alunos e o valor da gravidade encontrado por meio dos dados obtidos com a análise gráfica no *Tracker* foi de apenas $0,10 \text{ m/s}^2$. Em comparação com o valor presente na literatura que é de $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ constatamos que o valor obtido através da medição dos alunos apresenta um erro de 0,2% e o valor obtido por meio da análise gráfica do *Tracker* apresenta um erro de 1,22%.

No entanto, Martins (2016, p. 50) destaca que “pequenos erros tanto no comprimento do fio de suspensão como na medição do tempo de oscilação podem gerar diferenças no valor de g ”. Além disso, é importante enfatizar que é praticamente impossível alcançar as condições ideais para realização de um experimento, isto é, provavelmente fatores externos influenciarão o resultado final obtido. Arnold et al. (2011) discorrem acerca disso em relação à realização do experimento do Pêndulo Simples para determinação da aceleração gravitacional.

Este modelo, apesar de fornecer elementos instrutivos e didáticos para determinação da aceleração da gravidade, possui uma premissa falha, pois não considera o efeito das forças de amortecimento das oscilações. Segundo o modelo utilizado, o pêndulo oscilaria com amplitude fixa e indefinidamente. Tal amortecimento citado pelos autores ocorre, principalmente, pela resistência do ar sobre as peças que constituem o pêndulo (Arnold et al. 2011, p. 2).

Ao realizar o experimento, observou-se um aumento no interesse e na participação dos alunos em comparação com as aulas que utilizam o método expositivo tradicional. O uso de atividades experimentais pode ser uma alternativa para a transição dos modelos tradicionais de ensino para abordagens mais dinâmicas. O observado nesta experiência foi o mesmo constatado por Alves (2006), o autor afirma que quando o professor incorpora experimentos em suas aulas, nota-se uma mudança no comportamento dos alunos, que se tornam mais engajados e envolvidos. Nesse contexto, o professor pode adotar uma didática que integre práticas

experimentais.

Desta forma, As aulas com ênfase na experimentação buscam aumentar o interesse dos alunos pela disciplina, além de proporcionar um espaço para o desenvolvimento do raciocínio e da compreensão das relações de causa e efeito observadas no cotidiano. A experimentação, além de contribuir para o processo de aprendizagem, também pode auxiliar na tomada de decisões, pois estimula a observação, a paciência e a curiosidade, ultrapassando os limites da sala de aula. Esse tipo de prática incentiva o trabalho em equipe e a formação de cidadãos mais conscientes, ao fomentar o diálogo e a compreensão coletiva dos fenômenos observados (Feix; Saraiva; Kipper, 2012).

Portanto, embora a percepção do professor sobre a eficácia dos experimentos seja subjetiva, foi possível notar diferenças no comportamento dos alunos durante a atividade experimental. Eles demonstraram um interesse genuíno em compreender o tema abordado, um entusiasmo que não costuma ser tão evidente em aulas estritamente teóricas. Assim, foi possível concluir que a realização do experimento foi extremamente proveitosa.

CONCLUSÕES

Em síntese, este estudo destaca a relevância dos resultados obtidos com o uso do *software Tracker* e da experimentação prática para o aprendizado dos conceitos de Movimento Harmônico Simples (MHS). Observe-se que a visualização e análise dos dados permitiu uma compreensão mais concreta e acessível do movimento oscilatório, reforçando a importância de integrar ferramentas tecnológicas e práticas laboratoriais ao ensino de física.

Uma pequena diferença entre os períodos de oscilação medidos pelos alunos e aqueles específicos pelo *Tracker* (1,376 segundos versus 1,384 segundos), bem como a discrepância mínima nos valores da aceleração gravitacional ($9,78 \text{ m/s}^2$ pelos alunos e $9,68 \text{ m/s}^2$ pelo *Tracker*, em comparação com o valor teórico de $9,8 \text{ m/s}^2$), evidenciam a precisão e confiabilidade desse método experimental. Esse resultado corrobora a literatura, que sugere que variações mínimas em variáveis experimentais podem impactar o valor da aceleração gravitacional, o que foi discutido no contexto de influências externas, como a resistência do ar.

Além disso, o uso do *Tracker* permitiu uma análise detalhada e visual dos dados, o que se tornou possível para os alunos correlacionar o movimento oscilatório com o modelo matemático subjacente, enriquecendo a experiência de aprendizado e tornando o conteúdo mais tangível. A experiência prática gerou uma mudança oferecida no engajamento e interesse dos estudantes, especialmente em relação às aulas expositivas tradicionais. Esse envolvimento reforça

o potencial da experimentação para estimular o desenvolvimento do raciocínio crítico e da curiosidade científica, tornando as aulas mais atrativas e promovendo um aprendizado ativo e participativo.

Em resumo, os resultados obtidos reforçam a eficácia do uso de abordagens experimentais e de ferramentas tecnológicas, como o *software Tracker*, para aprimorar o ensino e o aprendizado de conceitos físicos complexos. Além de aprofundar a compreensão teórica dos alunos, esta metodologia contribui para formar cidadãos mais conscientes e críticos, capazes de aplicar o conhecimento científico de forma prática e contextualizada.

REFERÊNCIAS

ALVES, V. F. **A inserção de atividades experimentais no ensino de Física em nível médio:** em busca de melhores resultados de aprendizagem. Brasília, 2006. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em ensino de ciências. Universidade de Brasília: Brasília, 2006.

ARNOLD, F. J.; RANGEL, A.; BRAVO-ROGER, L. L.; GONÇALVES, M. S.; OLIVEIRA, M. J. G. de. **Estudo do amortecimento do pêndulo simples:** uma proposta para aplicação em laboratório de ensino. Revista Brasileira de Ensino de Física, 2011, Vol. 33, N. 4.

BATISTA, Flaverson Messias; SCHUHMACHER, Élcio. **O uso do software tracker para o ensino de oscilação: uma proposta baseada na aprendizagem significativa.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.8, n.4, p.30353-30364, 2022.

BORBA, Marcelo de Carvalho; DA SILVA, Ricardo Scucuglia R.; GADANIS, George. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática.** 2. ed.; 2. reimp. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2018.

DRAKE, S. **Galileu.** Tradução de Maria Manuela Pecegueiro. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1981.

FEIX, E. C.; SARAIVA, S. B.; KIPPER, L. M. **A importância da física experimental no processo ensino aprendizagem.** Santa Cruz do Sul. III Salão de ensino e extensão. Universidade de Santa Cruz do Sul. 2012.

FERREIRA, Débora Priscila Costa. **Estudo do pêndulo simples e pêndulo físico:** uma abordagem a partir do movimento harmônico simples. Orientador: Juliano Alves de Deus. 2021. 20 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Cacoal, 2021.

FONTES, A. S; BATISTA, M. C; SCHWERZ, R. C; NEVES, M. C. D. **A utilização das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação como ferramenta potencializadora no ensino do conceito de Queda Livre.** Ensino, Saúde e Ambiente – V12 (3), pp. 40-63, Dez. 2019.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física,** volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

LIMA JÚNIOR, P. B. **Utilização do Software Tracker no Ensino de Física: aplicação no Movimento Harmônico Simples.** 2017. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Centro de

Ciências Exatas e Sociais Aplicadas, Universidade Estadual da Paraíba, Patos, 2017.

MARTINS, A. C. **Aceleração gravitacional**: uma proposta de abordagem com objetivo de viabilizar sua aprendizagem significativa. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá: Maringá, 2016.

MELO, P. R. **Movimento Harmônico Simples (MHS)**. PrePara Enem, 2022.

NUNES, L. S. B. **Viabilidade da Energia Solar Fotovoltaica**: uma Análise utilizando Modelagem Matemática na Educação Básica. 2024. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás: Goiânia, 2024.

PIETROCOLA, Maurício. A matemática como estruturante do conhecimento Físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 93–114, 2002.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. Ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RESNICK, R; HALLIDAY, D. KRANE, K. S. **Fundamentos da Física**. Vol. 2. 5 ed. LTC. Rio de Janeiro, 2007.

SANTOS, E. R. D. **Estudo do oscilador harmônico em sistemas acoplados**. 2017. 38f. Monografia – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2017.

SILVA, J. C. S. **Aplicação do mínimo múltiplo comum generalizado nas ondas de pêndulos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás: Goiânia, 2016.

SOUSA, W. J. de. **A utilização de vídeo análise de sistemas físicos através do software tracker**: uma alternativa para auxiliar o ensino e aprendizagem de tópicos de física. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Tocantins: Araguaína, 2018.

TIPLER; P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**, volume 1: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2016.