



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

ALDERI BATISTA PEREIRA

**USO DE EQUIPAMENTO CONSTRUÍDO COM MATERIAL DE VALOR
ACESSÍVEL PARA O ENSINO DOS CONCEITOS RELACIONADOS AO
MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES**

**MOSSORÓ - RN
AGOSTO DE 2025**

ALDERI BATISTA PEREIRA

**USO DE EQUIPAMENTO CONSTRUÍDO COM MATERIAL DE VALOR
ACESSÍVEL PARA O ENSINO DOS CONCEITOS RELACIONADOS AO
MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES**

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Hidalyn Theodory Clemente Mattos de Souza.

**MOSSORÓ – RN
AGOSTO DE 2025**

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P436u Pereira, Alderi Batista.
Uso de equipamento construído com material de
valor acessível para o ensino dos conceitos
relacionados ao movimento harmônico simples /
Alderi Batista Pereira. - 2025.
68 f. : il.

Orientador: Hidalyn Theodory Clemente Mattos
de Souza.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Física, 2025.

1. Ensino de física. 2. Movimento harmônico
simples. 3. Produto educacional. 4. Aprendizagem
significativa. I. Souza, Hidalyn Theodory
Clemente Mattos de, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

**USO DE EQUIPAMENTO CONSTRUÍDO COM MATERIAL DE VALOR
ACESSÍVEL PARA O ENSINO DOS CONCEITOS RELACIONADOS AO
MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES**

ALDERI BATISTA PEREIRA

ORIENTADOR: DR. HIDALYN THEODORY CLEMENTE MATTOS DE SOUZA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado em 25 de agosto de 2025

BANCA EXAMINADORA

Dr. Hidalyn Theodory Clemente Mattos de Souza (Presidente – UFERSA)

Dr. José Wagner Cavalcanti Silva (Examinador Externo – UFCG)

Dra. Jusciane da Costa e Silva (Examinadora Interna – UFERSA)

**MOSSORÓ -RN
AGOSTO DE 2025**

Dedico esse trabalho ao meu pai João Batista Pereira (*in memoriam*), que sempre disse em vida aos seus filhos que o estudo era o melhor caminho para se vencer na vida e sempre nos apoiou nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, em quem creio fielmente em sua existência e a quem sirvo de todo meu coração. A Ele a honra e glória pelo conhecimento dado a mim.

A minha mãe, Maria Francisca Pereira, por sempre acreditar na formação do carácter humano e incentivar em buscar o melhor para vida por meio dos estudos.

A minha amiga e companheira, Maria Pereira Leite, que sempre está ao meu lado, me motivando, incentivando e acreditando no sucesso de minha carreira educacional e profissional.

Aos meus filhos, André Vinicius Leite Pereira e Anna Vitória Leite Pereira, dois presentes de Deus para mim.

Aos meus irmãos Francisco Batista Pereira e Almir Batista Pereira, exemplos para mim de dedicação as suas vidas profissionais.

As minhas irmãs, Maria Aurea Pereira (*in memorian*) e Aldeiza Maria Pereira, que sempre me deram apoio e incentivo para estudar e se dedicar a vida acadêmica.

Ao meu orientador e meu grande amigo, Prof. Dr. Hidalyn Theodory Clemente Mattos de Souza, pela compreensão, incentivo e motivação para que pudesse caminhar e desenvolver esse trabalho educacional.

Ao professor Rafael Castelo, coordenador do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Pólo 9, de sempre estar a disposição para nos ajudar e ser solícito a nossas demandas.

Aos professores do Mestrado Profissional, que com excelente maestria e sabedoria, estiveram sempre presentes, apoiando e motivando, exemplos para mim de pessoas humanas.

Aos meus colegas do mestrado profissional, em especial, Antônio Alencar, Antônio Araújo, Francisco Vadimar, Hyago Torres, Jeová (*in memorian*), João Erineudo, José Vânio, Marlene Francisca, Maxsuel Aquino, Napoleão Netto, pelo convívio acadêmico, pelo apoio, sugestões construtivistas e acima de tudo o laço de respeito e amizade construído entre nós.

Ao MNPEF por proporcionar participar em minha cidade da Pós em Ensino de Física.

A UFERSA, pelo acolhimento a minha pessoa.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) pelo apoio dado ao programa.

E por fim, registrar que o presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) Código de Financiamento 001.

“A leitura após certa idade distrai excessivamente o espírito humano das suas reflexões criadoras. Todo o homem que lê demais e usa o cérebro de menos adquire a preguiça de pensar.”

ALBERT EINSTEIN

RESUMO

USO DE EQUIPAMENTO CONSTRUÍDO COM MATERIAL DE VALOR ACESSÍVEL PARA O ENSINO DOS CONCEITOS RELACIONADOS AO MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

Alderí Batista Pereira

Orientador: Dr. Hídalyn Theodory Clemente Mattos de Souza.

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Este trabalho é uma produção educacional elaborada com materiais de valor acessível e desenvolvida como estratégia para o ensino de conceitos relacionados ao Movimento Harmônico Simples (MHS) no Ensino Médio. Em seus capítulos, buscou-se apresentar uma descrição que ajudasse a facilitar a compreensão do comportamento de sistemas oscilatórios periódicos, desde suas características físicas até as formulações matemáticas, aplicando esse conhecimento na interpretação de fenômenos naturais e tecnológicos. Para alcançar tal objetivo, foi desenvolvido um kit experimental composto por três instrumentos principais, baseados em teorias bem conhecidas: pêndulo simples, sistema massa-mola e disco para a relação entre o movimento circular uniforme e o MHS. O material de apoio instrucional foi concebido com madeira compensada, motores reaproveitados e objetos de uso caseiro, ou seja, com materiais que permitissem a reprodução das experiências em diferentes contextos escolares. A fundamentação teórica apoiou-se na teoria da aprendizagem de Jerome Bruner, que propõe o ensino pela descoberta e a evolução dos conceitos em espiral, transitando das representações enativas para as icônicas e, finalmente, simbólicas. É mostrado como essas ideias foram aplicadas na elaboração de um plano didático composto para encontros de cinquenta minutos, nos quais os estudantes participaram ativamente da montagem e manipulação do material, construindo modelos conceituais de forma progressiva. A metodologia incluiu três propostas

experimentais aplicadas, acompanhadas de registros das análises de gráficos e dados coletados durante as atividades. É demonstrado que as produções dos estudantes, após a intervenção com esse material, evidenciaram avanços significativos na interpretação, na construção de modelos físicos e na argumentação científica, resultados diretamente alinhados às competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular. Assim, através do produto educacional, buscou-se superar dificuldades recorrentes na apresentação do conteúdo de Física, como a abstração excessiva e a descontextualização. Isso reforçou a importância de práticas pedagógicas que articulem teoria e experimentação, destacando o potencial de materiais acessíveis para democratizar o ensino e promover o protagonismo dos estudantes na construção do conhecimento.

Palavras-chave: Ensino de Física. Movimento Harmônico Simples. Produto educacional. Aprendizagem significativa.

ABSTRACT

USE OF EQUIPMENT CONSTRUCTED WITH AFFORDABLE MATERIAL FOR TEACHING CONCEPTS RELATED TO SIMPLE HARMONIC MOTION

Alderí Batista Pereira

Orientador: Dr. Hidalyn Theodory Clemente Mattos de Souza.

Master's Dissertation submitted to the Graduate Program of the Federal Rural University of the Semi-Arid Region (UFERSA), in the National Professional Master's Program in Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements for obtaining the degree of Master in Physics Teaching.

This work is an educational production developed with affordable materials and designed as a strategy for teaching concepts related to Simple Harmonic Motion (SHM) in high school. Its chapters aim to present a description that facilitates the understanding of the behavior of periodic oscillatory systems, from their physical characteristics to their mathematical formulations, applying this knowledge to the interpretation of natural and technological phenomena. To achieve this objective, an experimental kit was developed, composed of three main instruments based on well-known theories: a simple pendulum, a mass-spring system, and a disc for the relationship between uniform circular motion and SHM. The instructional support material was conceived using plywood, repurposed motors, and household objects, that is, materials that allow the experiments to be reproduced in different school contexts. The theoretical foundation is based on Jerome Bruner's learning theory, which proposes teaching through discovery and the evolution of concepts in a spiral, transitioning from enactive to iconic and, finally, symbolic representations. This study demonstrates how these ideas were applied in the development of a lesson plan designed for fifty-minute sessions, in which students actively participated in assembling and manipulating the material, progressively building conceptual models. The methodology included three applied experimental proposals, accompanied by records of the analysis of graphs and data collected during the activities. It is shown

that the students' work, after the intervention with this material, showed significant advances in interpretation, in the construction of physical models, and in scientific argumentation, results directly aligned with the competencies and skills foreseen in the Brazilian National Curriculum Base (BNCC). Thus, through this educational product, the aim was to overcome recurring difficulties in the presentation of Physics content, such as excessive abstraction and decontextualization. This reinforced the importance of pedagogical practices that articulate theory and experimentation, highlighting the potential of accessible materials to democratize education and promote student protagonism in the construction of knowledge.

Keywords: Physics Teaching. Simple Harmonic Motion. Educational Product. Meaningful Learning.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – OSCILADOR MASSA-MOLA	6
FIGURA 2.2 – OSCILADOR MASSA-MOLA VERTICAL.....	7
FIGURA 2.3 – PÊNDULO SIMPLES.....	8
FIGURA 2.4 – ÂNGULO DE FASE.....	10
FIGURA 2.5 – POSIÇÃO, VELOCIDADE E ACELERAÇÃO DE UM CORPO QUE REALIZA UM MHS.....	12
FIGURA 2.6 – MOVIMENTO OSCILATÓRIO DE SATÉLITES NATURAIS DE JÚPITER.....	14
FIGURA 2.7 – MOVIMENTO OSCILATÓRIO DE CALISTO, SATÉLITE NATURAL DO PLANETA JÚPITER.....	15
FIGURA 2.8 – MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME NO PLANO XY E A POSIÇÃO DE UM CORPO SOBRE O ANTEPARO.....	15
FIGURA 2.9 – REPRESENTAÇÃO ABSTRATA DO MOVIMENTO DESCRITO NO EXPERIMENTO IDEALIZADO E MOSTRADO NA FIGURA 2.8.....	16
FIGURA 4.1 – IMAGEM DA QUESTÃO	26
FIGURA 4.2 – BASE E ANTEPARO	27
FIGURA 4.3 – MOTOR DE VENTILADOR.....	27
FIGURA 4.4 – PÊNDULO SIMPLES E SISTEMA MASA-MOLA	28
FIGURA 4.5 – MOTOR DE PASSO	29
FIGURA 4.6 – FIXADORES DE COMPENSADO.....	30
FIGURA 4.7 – DISCO ADAPTADO.....	30
FIGURA 5.1 – REPRESENTAÇÃO DO CURRÍCULO EM ESPIRAL	33
FIGURA 6.1 – PÊNDULO SIMPLES	38
FIGURA 6.2 – ANALOGIA ENTRE MCU E MHS	41
FIGURA 7.1 – MEDIDA DA MASSA DA ESFERA	47
FIGURA 7.2 – MEDIDA DA MASSA DA MOLA.....	47
FIGURA 7.3 – ANOTANDO A POSIÇÃO DE EQUILÍBRIO DA MOLA.....	48
FIGURA 7.4 – DETERMINANDO A DEFORMAÇÃO ELÁSTICA.....	48
FIGURA 7.5 – RESPOSTA DO ESTUDANTE A	49
FIGURA 7.6 – RESPOSTA DO ESTUDANTE A	49
FIGURA 7.7 – RESPOSTA DO ESTUDANTE A	50

FIGURA 7.8 – RESPOSTA DO ESTUDANTE A	50
FIGURA 7.9 - RESPOSTA DO ESTUDANTE A	50
FIGURA 7.10 – RESPOSTA DO ESTUDANTE A	51
FIGURA 7.11 – AJUSTE DO COMPRIMENTO DO FIO.....	53
FIGURA 7.12 – MEDINDO O ÂNGULO DE INCLINAÇÃO.....	54
FIGURA 7.13 – RESPOSTA DO ESTUDANTE B	55
FIGURA 7.14 – RESPOSTA DO ESTUDANTE B	55
FIGURA 7.15 – RESPOSTA DO ESTUDANTE B	56
FIGURA 7.16 – RESPOSTA DO ESTUDANTE B	56
FIGURA 7.17 – RESPOSTA DO ESTUDANTE B	57
FIGURA 7.18 – MHS NO MOVIMENTO DA SOMBRA	59
FIGURA 7.19 – RESPOSTA DO ESTUDANTE C	59
FIGURA 7.20 – RESPOSTA DO ESTUDANTE C	60

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DADOS DO SISTEMA MASSA-MOLA.....	37
TABELA 2 – REGISTRO DOS VALORES MEDIDOS.....	49
TABELA 3 – RELAÇÃO ENTRE MASSA E DEFORMAÇÃO ELÁSTICA.....	52
TABELA 4 – RELAÇÃO ENTRE COMPRIMENTO E PERÍODO.....	57

GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – RELAÇÃO ENTRE MASSA E DEFORMAÇÃO ELÁSTICA.....	52
GRÁFICO 2 – RELAÇÃO ENTRE COMPRIMENTO E PERÍODO.....	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1 MOVIMENTO OSCILATÓRIO	4
2.2 PROPRIEDADE DO MOVIMENTO OSCILATÓRIO	4
2.3 MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (MHS)	5
2.3.1 SISTEMA MASSA-MOLA HORIZONTAL	5
2.3.2 SISTEMA MASSA-MOLA VERTICAL	6
2.3.3 PÊNDULO SIMPLES	8
2.4 OSCILADOR HARMÔNICO SIMPLES	9
2.4.1 POSIÇÃO	9
2.4.2 VELOCIDADE E ACELERAÇÃO	11
2.4.3 ENERGIA MECÂNICA NO MHS	13
2.5 MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME	14
3 TEORIA DE APRENDIZAGEM	18
3.1 INSTRUMENTALISMO EVOLUCIONISTA	18
3.2 O PROCESSO DA DESCOBERTA	19
3.3 CARACTERÍSTICA DA TEORIA DE BRUNER	21
3.4 ESTRUTURA E CATEGORIAS DE CONHECIMENTO	22
3.5 ATRIBUIÇÕES DO PROFESSOR	23
4 MATERIAL	26
4.1. MATERIAIS UTILIZADOS	28
4.2 MONTAGEM DO KIT	29
4.3 TESTE E AJUSTE DO PRODUTO EDUCACIONAL	29
5 METODOLOGIA	32
6 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL	36
6.1 PROPOSTA EXPERIMENTAL 1: DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE ELÁSTICA DA MOLA HELICOIDAL, OSCILADOR MASSA-MOLA.	36
6.1.1 HABILIDADES E COMPETÊNCIAS (BRASIL ^a , BRASIL ^b)	36
6.1.2 MATERIAIS UTILIZADOS NESSE EXPERIMENTO	37

6.1.3 ESTRATÉGIAS PARA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	37
6.1.4 QUESTIONÁRIO 01.....	37
6.2 PROPOSTA EXPERIMENTAL II: PÊNDULO SIMPLES	38
6.2.1 HABILIDADES E COMPETÊNCIAS (BRASIL ^a , BRASIL ^b).....	38
6.2.2 MATERIAIS UTILIZADOS NESSE EXPERIMENTO	39
6.2.3 ESTRATÉGIAS PARA A REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	39
6.2.4 QUESTIONÁRIO 02.....	39
6.3 PROPOSTA EXPERIMENTAL III: ESTUDO DO MHS NO MOVIMENTO	
CIRCULAR NUM DISCO	40
6.3.1 HABILIDADES E COMPETÊNCIAS (BRASIL ^a , BRASIL ^b).....	43
6.3.2 MATERIAIS UTILIZADOS NESSE EXPERIMENTO	43
6.3.3 ESTRATÉGIAS PARA A REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	43
6.3.4 QUESTIONÁRIO 03.....	43
7 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL E RESULTADOS	45
7.1 PRIMEIRA ETAPA – AULAS 01, 02, 03 E 04.....	46
7.1.1 DISCUSSÃO DA PRIMEIRA ETAPA.....	46
7.2 SEGUNDA ETAPA – AULAS 05 E 06.....	47
7.2.1. ANÁLISE GRÁFICA DO SISTEMA MASSA MOLA.....	51
7.2.2 DISCUSSÃO DA SEGUNDA ETAPA.....	52
7.3 TERCEIRA ETAPA – AULA 07.....	53
7.3.1 ANÁLISE GRÁFICA DO PÊNDULO SIMPLES	57
7.3.2 DISCUSSÃO DA TERCEIRA ETAPA.....	58
7.4 QUARTA ETAPA – AULA 08	58
7.4.1 DISCUSSÃO DA QUARTA ETAPA.....	60
7.5 RESULTADOS	60
8 CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL.....	69

1 INTRODUÇÃO

Este estudo visa destacar a relevância de estratégias pedagógicas que promovam a construção ativa do conhecimento no ensino de Física. Isso é feito organizando o conteúdo em estruturas que incentivem a descoberta e a participação dos alunos (BRUNER, 1973). Demonstra-se que, por meio de um material de apoio instrucional (produto educacional), é viável ajudar os estudantes do Ensino Médio a conectar o conteúdo aprendido em sala de aula com seu contexto social, além de construir conhecimentos e alcançar uma formação integral (LDB, 2023).

A metodologia que norteará esse estudo será a Teoria Educacional de Jerome Bruner, baseada na ideia de que a aprendizagem ocorre de forma ativa e por meio da construção de significados, que pode contribuir para o desenvolvimento das habilidades algébricas e heurísticas no estudo do Movimento Harmônico Simples (MHS).

Bruner defende que o aluno deve ser incentivado a descobrir conceitos por si mesmo, ao invés de apenas receber informações prontas. No caso do MHS, ao manipular dados experimentais (como período, massa, ou constante elástica), os alunos podem formular equações e identificar relações algébricas. Isso desenvolve a capacidade heurística, pois os estudantes aprendem a experimentar, testar hipóteses e ajustar modelos.

Nesse contexto, a literatura oferece vasto material que descreve a teoria de ensino de Bruner. Destaca-se a seguir exemplos de trabalhos que discutem a teoria de Bruner na investigação da aprendizagem e ensino.

Em um estudo que analisa a aplicação da teoria de Bruner no ensino de ciências, Borba & Goi (2021) enfatizam a participação ativa do estudante e a aprendizagem por descoberta e currículo em espiral. No mesmo ano, Leão & Goi (2021), apresentam os fundamentos teóricos de Bruner, reivindicando a utilidade dessa teoria como referência para atividades didáticas no ensino de ciências e obtenção de resultados positivos. As referências desses artigos também trazem uma reflexão sobre a aplicação do currículo em espiral de Bruner no contexto escolar, com destaque as suas potencialidades e limitações, e discussões não exclusivamente sobre Bruner, mas que usa seus conceitos para analisar práticas pedagógicas, mostrando como sua teoria aparece em contextos internacionais e que ela poderia ser hesitosa dentro do contexto nacional.

Como destacado por esses autores e suas referências, a aplicação da teoria de Bruner no Brasil e no mundo se destaca em várias áreas como o Ensino de Ciências, mais precisamente no Ensino Fundamental e Médio; Formação de professores e Ensino Superior; Ensino de Matemática ou disciplinas que exigem progressão cognitiva; Educação infantil e alfabetização; Dissertações e teses de pós-graduação em Educação que tratam de currículo, construção do conhecimento, metodologias ativas; ampla discussão do modelo de currículo em espiral no Ensino de *STEM* (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*); Educação infantil e psicologia cognitiva da aprendizagem, em que a teoria de Bruner é considerada parte clássica da psicologia da educação; Currículo e design instrucional (em diversos países, investigadores analisam como organizar o currículo para revisitar os conceitos com complexidade crescente); Educação multicultural e educação de adultos, em que é dado o enfoque de Bruner em cultura, linguagem e construção do conhecimento, com aplicações nesses campos; Métodos de ensino baseados em descoberta (*discovery learning*), andaimes (*scaffolding*) e aprendizagem ativa, onde as estratégias são influenciadas pelas ideias de Bruner.

Em particular, tem-se um campo onde as dificuldades para se aprender a Física são várias, começando pelos problemas da própria escola, como redução de professores, falta de estrutura adequada ao ensino, falta de qualificação dos profissionais da escola entre outras situações. O produto educacional, assim, focará na realização de atividades que podem contextualizar os assuntos de Física trabalhado em sala de aula, tornando o conhecimento da ciência física mais prazeroso e mais próximo da vida do educando.

Na busca pela melhoria da qualidade de ensino, pode-se encontrar diferentes possibilidades metodológicas de ensino. As aulas práticas são apontadas por autores como uma tendência na educação da física, se concretizando como alternativa para aulas mais participativas e dinâmicas (SILVA, 2020, p. 45).

Sobre essa metodologia de ensino, destaca-se sua importância, principalmente por sua potencialidade para o desenvolvimento do pensar físico, criatividade e até mesmo autonomia dos educandos (PEREIRA, 2021, p. 78).

Podemos, assim, desenvolver atividades experimentais que levem os estudantes a associar esses experimentos com a parte teórica, levando esses estudantes a ter uma melhor assimilação com a teoria.

Sabe-se que o ensino de Física sempre foi uma questão de difícil resolução para o poder público, devido aos índices se apresentarem sempre em baixa, sobretudo devido às dificuldades que alguns estudantes demonstram ao lidar com os conteúdos dessa disciplina.

Para muitos pesquisadores, a atividade experimental é fundamental para o aprendizado dos alunos. Araújo e Abib (p.177, 2003) examinaram a produção na área de pesquisas sobre o uso de experimentação no ensino de Física. Existe uma vasta bibliografia em que autores destacam os benefícios de integrar atividades experimentais.

O uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente. Nesse contexto, no âmbito das pesquisas nessa área, estudiosos têm destacado na literatura nacional recente a relevância das atividades experimentais.

Todavia muitos professores de Física enfrentam grandes dificuldades em construir um conhecimento satisfatório com os estudantes. Além disso, raramente a experimentação é explorada em toda sua potencialidade, sendo ministrados de forma aleatória. Os experimentos têm importância porque desperta o raciocínio e a capacidade de refletir no fenômeno físico.

Este trabalho, assim, tem como objetivo apresentar um material de apoio instrucional que facilite a compreensão e estimule a interpretação e a curiosidade por uma temática que carrega conceitos usados para descrever um Movimento Harmônico Simples ao nível da Educação Básica (Ensino Médio). Trata-se de uma proposta desenvolvida sob o suporte da teoria educacional de Jeromer Bruner, com uma contextualização didática planejada para atrair a participação dos estudantes desde a montagem dos instrumentos que compõe o produto educacional. Procuramos esboçar um plano de aula contínuo, com aplicações e momentos de discussões compreendidos em encontros de 50 minutos em um componente denominado trilhas de aprofundamento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MOVIMENTO OSCILATÓRIO

O universo está repleto de movimentos periódicos. Nesse tipo de movimento, pode-se identificar os objetos se movimentando de forma repetida ou oscilante. A Física e a Engenharia se preocupam em estudar o controle desses movimentos, pois alguns tipos de oscilações fora do controle podem provocar situações perigosas e desagradáveis, como aquelas causadas pelo desgaste (fadiga) das peças que constituem um dispositivo (equipamento).

Em particular, consideraremos que as oscilações sejam harmônicas, de modo que uma descrição para um Movimento Harmônico Simples (MHS) é necessária. Os conceitos e formulações apresentados neste capítulo, assim, devem estar presentes na descrição dos capítulos seguintes, auxiliando na interpretação dos conceitos aplicados e na análise dos resultados coletadas com a aplicação do material de apoio instrucional elaborado nesta dissertação.

2.2 PROPRIEDADE DO MOVIMENTO OSCILATÓRIO

O estudo do movimento oscilatório começa aqui com uma importante propriedade chamada *frequência*, sendo ela definida como o número de oscilações por segundo. No SI (Sistema Internacional), a unidade de frequência também é conhecida como hertz (Hz), definido como

$$1 \text{ hertz} = 1 \text{ Hz} = 1 \text{ oscilação por segundo} = 1 \text{ s}^{-1} . \quad (2.1)$$

Existe uma grandeza que tem uma relação direta com a *frequência* que é o *período* T , correspondendo ao tempo de uma oscilação completa, chamado também de ciclo:

$$T = \frac{1}{f} . \quad (2.2)$$

Repetindo-se regularmente, diz-se que o movimento é *periódico* ou *harmônico*. Como veremos, um tipo particular de movimento desse tipo é conhecido como

Movimento Harmônico Simples (MHS), sendo o corpo que executa um MHS chamado de *Oscilador Harmônico*.

2.3 MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (MHS)

Uma característica que deve ser observada em todo corpo (ou objeto) que realiza um movimento harmônico simples oscilando periodicamente em torno de uma posição (ou ponto) de equilíbrio é que, sob a ação de uma ou mais forças, a resultante dessas forças é proporcional à distância do corpo à de equilíbrio. Essa força resultante tem uma orientação sempre para a posição de equilíbrio do sistema, mas oposta ao deslocamento, e recebe o nome de força restauradora, que representaremos por $\vec{F}_{rest}$.

Importante frisar que o estudo do movimento harmônico simples se faz aqui considerando que os sistemas discutidos são conservativos, de modo que desprezamos os tipos de forças dissipativas e sistemas não-conservativos.

Em acordo com as considerações acima, a seguir apresentamos três exemplos de movimento harmônico simples, destacando a força restauradora $\vec{F}_{rest}$ obtida a partir das forças que atuam sobre um corpo de massa m .

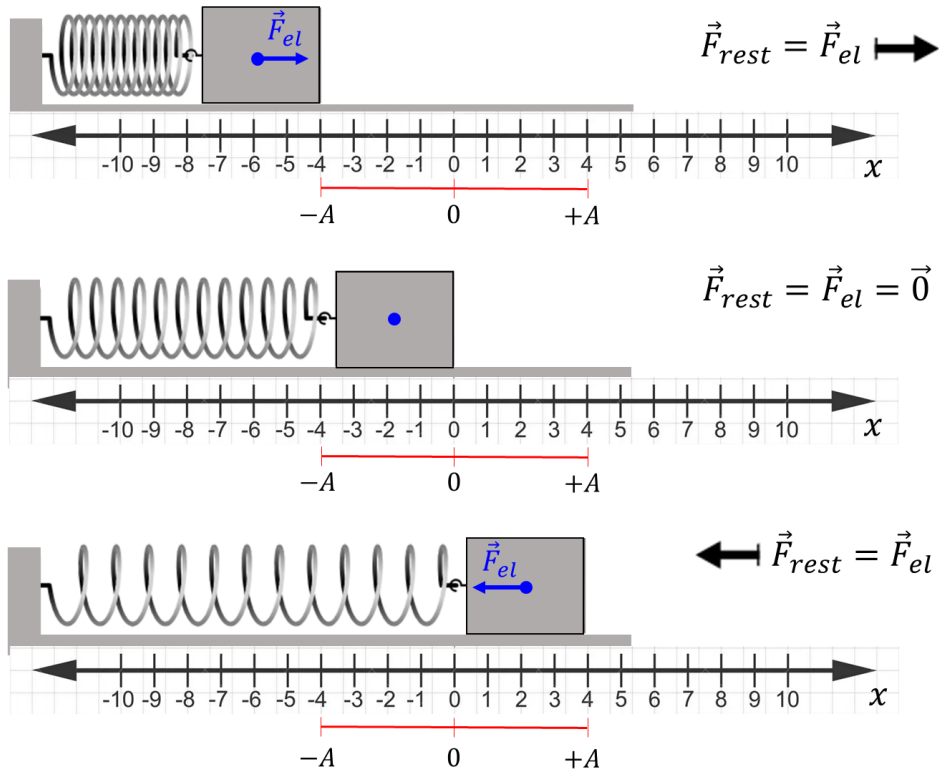
2.3.1 SISTEMA MASSA-MOLA HORIZONTAL

Seja o sistema massa-mola na Figura 2.1, em que um bloco de massa m está preso em um dos lados a uma mola de constante elástica k .

Após o início da oscilação, a posição do bloco pode ser dada com o auxílio de um eixo de abscissa x orientado da esquerda para a direita. Assim, com o bloco à direita de O , sua abscissa x é positiva e, quando está à esquerda de O , sua abscissa x é negativa. O valor absoluto máximo da abscissa x alcançado pelo bloco é denominado *amplitude* A . São também nessas posições extremas do bloco em que ocorrem as inversões de sentido do movimento, rotuladas na figura por $x = +A$ e $x = -A$, em que $A > 0$. Nessas posições, a velocidade do bloco é igual a zero.

O oscilador harmônico apresentado na Figura 2.1 é linear e simples ($F \propto x$), em que a força resultante é igual a $\vec{F}_{el} = -k\vec{x}$, ou seja, a força restauradora desse sistema massa mola é $F_{rest} = F_{el}$ ($F_{rest} \propto x$).

Figura 2.1 – Oscilador massa-mola.



Fonte: Autoria própria

O movimento realizado pelo bloco é periódico cujo período T é o intervalo de tempo para o bloco efetuar uma oscilação completa, por exemplo, ir de $x = +A$ até $x = -A$ e retornar a $x = +A$.

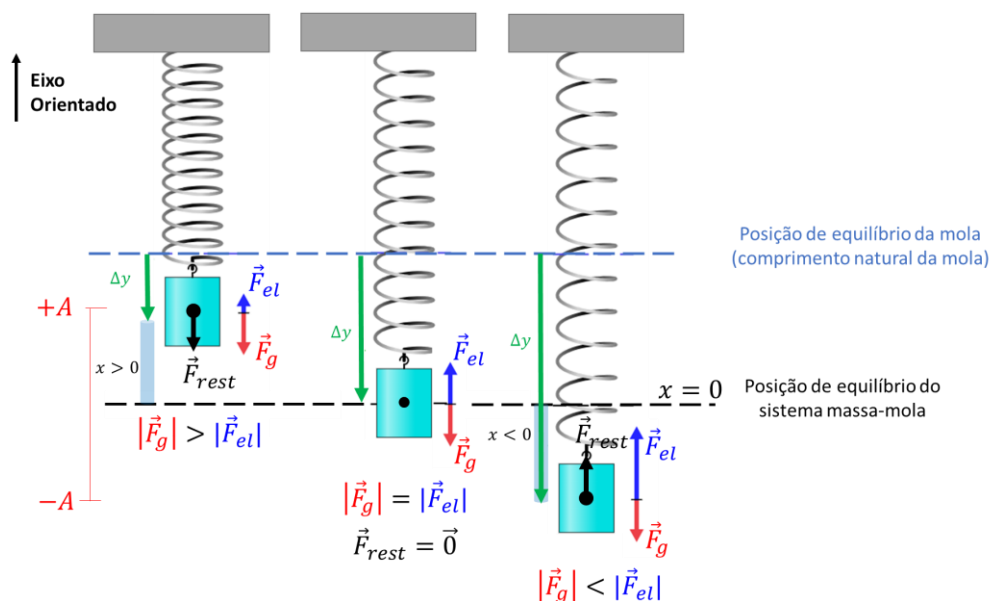
2.3.2 SISTEMA MASSA-MOLA VERTICAL

Imagine agora a situação em que o sistema massa-mola seja tal que um corpo de massa esteja preso a um dos lados de uma mola de constante elástica, na vertical, como ilustrado na Figura 2.2. Prudentemente, devemos mostrar que este sistema ainda realiza um movimento harmônico simples após o início da oscilação.

Entendemos que, inicialmente, o corpo preso a mola esteja em uma posição de equilíbrio. Na Figura 2.2 referenciamos isso como sendo em $x = 0$. Nessa posição, a mola está estendida de um valor Δy tal que a força vertical da mola $k\Delta y$ sobre o corpo está equilibrada com a força gravitacional, ou seja,

$$k\Delta y = mg \quad . \quad (2.3)$$

Figura 2.2 – Oscilador massa-mola vertical. Na Ilustração são mostradas, em três instantâneos, as forças elástica e gravitacional que atuam sobre um corpo de massa m que oscila em torno da posição de equilíbrio do sistema massa-mola. Nesse sistema, a força restauradora é dada por $\vec{F}_{rest} = \vec{F}_{el} - \vec{F}_g$.



Fonte: Autoria própria

De acordo com a Figura 2.2, em posições $x > 0$ a deformação da mola será $\Delta y - x$, de modo que a força exercida pela mola para cima é dada por $k(\Delta y - x)$, o que informa que a força resultante (restauradora) sobre o corpo é da forma

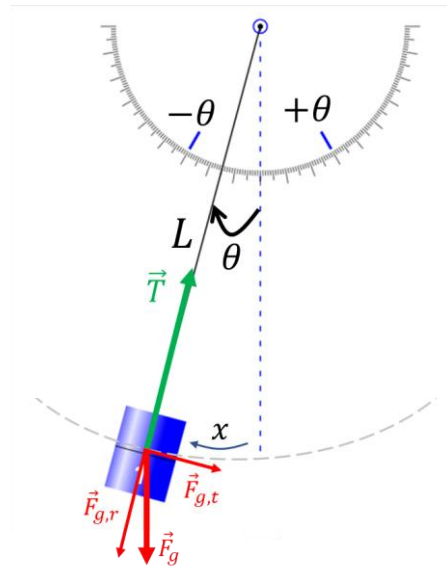
$$F_{rest} = F_{el} - F_g = k(\Delta y - x) + (-mg) \Rightarrow F_{rest} = -kx, \quad (2.4)$$

ou seja, da forma $F_{rest} \propto x$. Do mesmo modo, quando o corpo está em uma posição abaixo da de equilíbrio do sistema massa-mola ($x < 0$), deve existir uma força resultante (restauradora) orientada de baixo para cima e cujo módulo é igual a kx . Portanto, o corpo ainda oscila realizando um MHS, diferenciando de um sistema massa-mola horizontal apenas pela correspondência da posição de equilíbrio do sistema; o comprimento natural da mola não está mais em $x = 0$.

2.3.3 PÊNDULO SIMPLES

Este sistema é constituído por um corpo de massa m preso a extremidade de um fio inextensível e massa desprezível de comprimento L . Se puxarmos lateralmente esse corpo a partir de sua posição de equilíbrio ($\theta = 0$) e em seguida liberarmos, o corpo realizará um movimento periódico sobre um arco de circunferência de raio L , oscilando em torno da posição de equilíbrio. A Figura 2.3 mostra um instantâneo do movimento desse corpo.

Figura 2.3 – Pêndulo simples.



Fonte: Autoria própria

Considerando $x = \theta L$ como a medida da distância ao longo do arco da curva descrita pelo corpo e que as forças que atuam sobre esse corpo são as da gravidade, $\vec{F}_g$, e a tração $\vec{T}$ do fio, o componente radial (em relação ao eixo fio) e tangencial da força da gravidade são

$$F_{g,r} = mg \cos \theta \quad \text{e} \quad F_{g,t} = mg \sin \theta . \quad (2.5)$$

Nesse sistema, a força de tração do fio atua para que o corpo realize um movimento ao longo de um arco, com o fio sendo esticado pelo componente $\vec{F}_{g,r}$ da força da gravidade.

A força restauradora neste sistema deve estar relacionada com o componente tangencial da força da gravidade, porém note que até este momento $F_{g,t} \propto \sin\theta$, o que sugere que o movimento de um pêndulo simples poderia não ser tratado como um MHS. Contudo, dentro de uma aproximação razoável ($\theta < 0,1 \text{ rad}$), tem-se que $\sin\theta \approx \theta$, de modo que,

$$F_{rest} = -mg\theta = -mg \frac{x}{L} = -kx \quad , \quad (2.6)$$

em que, para este sistema, $k = mg/L$. Portanto, para pequenos deslocamentos, a força restauradora pode ser considerada como proporcional a esses deslocamentos e o movimento, assim, harmônico simples.

2.4 OSCILADOR HARMÔNICO SIMPLES

Para uma descrição mais elaborada, devemos resolver a equação do oscilador harmônico simples. Já vimos que todo movimento que se repete regularmente é denominado de harmônico ou periódico, sendo o Movimento Harmônico Simples um caso particular, descrito por uma força restauradora da forma

$$F_{rest} = -k \cdot x \quad . \quad (2.7)$$

Para os sistemas descritos nas seções anteriores, k é uma constante de proporcionalidade que, como vimos, pode estar relacionada a rigidez de uma mola ou ao comprimento de um fio. O deslocamento x é em relação à posição de equilíbrio do sistema oscilante e as extremidades da oscilação que, por sua vez, delimitam as amplitudes desse movimento periódico.

2.4.1 POSIÇÃO

Aplicando a segunda lei de Newton, $\sum F = m \cdot a$, e sabendo que a aceleração a é a derivada segunda da posição x em relação ao tempo, chega-se à expressão:

$$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = -k \cdot x \quad . \quad (2.8)$$

Rearranjando em termos do deslocamento, a equação diferencial do MHS fica escrita como

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m} \cdot x = 0, \quad (2.9)$$

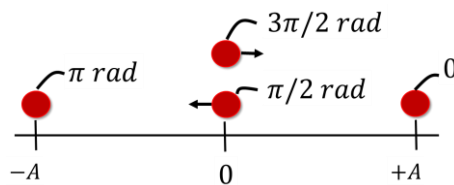
cuja solução mais geral tem a forma

$$x(t) = A \cdot \cos(\omega t) + B \cdot \sin(\omega t), \quad (2.10)$$

em que $\omega = \sqrt{k/m} \text{ rad/s}$ é a frequência angular, relacionada à frequência de oscilação pela relação $\omega = 2\pi f$.

Para decidir se o movimento do corpo oscilante é descrito por um termo seno ou cosseno, deve-se lembrar que ambas essas funções (senoidais) são idênticas se a origem do eixo t é deslocado de um ângulo ϕ , que é chamado de *fase*. Em outras palavras, o ângulo de fase ϕ explicita o ponto inicial do movimento harmônico, de modo que sua escolha apropriada, faz com que a função $\cos(\omega t + \phi)$ possa representar tanto $\sin(\omega t)$ quanto $\cos(\omega t)$ dentro do domínio dessas funções (ver Figura 2.4).

Figura 2.4: Ângulo de fase. O parâmetro ϕ da fase da oscilação é essencial para que a descrição do movimento seja correta a partir da equação $x(t)$.



Fonte: Adaptado de Halliday (2023)

Desse modo, escolhendo arbitrariamente a solução com termo de função cosseno, a evolução do deslocamento (ou posição) da partícula no tempo t deve ser escrita na forma

$$x(t) = A \cdot \cos(\omega t + \phi), \quad (2.11)$$

que como vimos, A , ω e ϕ representam a amplitude, frequência angular e a constante de fase (ângulo da fase), respectivamente.

2.4.2 VELOCIDADE E ACELERAÇÃO

A velocidade $v(t)$ é a derivada da posição $x(t)$ em relação ao tempo, ou seja,

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} . \quad (2.12)$$

Assim, derivando $x(t) = A \cdot \cos(\omega t + \phi)$, obtém-se:

$$v(t) = -A\omega \cdot \text{sen}(\omega t + \phi) , \quad (2.13)$$

onde $A\omega$ representa a amplitude da velocidade, ou seja, a velocidade máxima alcançada pelo corpo durante a oscilação. Note que isso ocorre quando $\text{sen}(\omega t + \phi)$ for igual a ± 1 .

Derivando mais uma vez a função $x(t)$, obtém a aceleração do corpo oscilante em função do tempo:

$$a(t) = -A\omega^2 \cdot \cos(\omega t + \phi) . \quad (2.14)$$

No Movimento Harmônico Simples a aceleração está sempre dirigida para o ponto de equilíbrio da oscilação e é proporcional ao deslocamento da partícula em relação a esse ponto, ou seja,

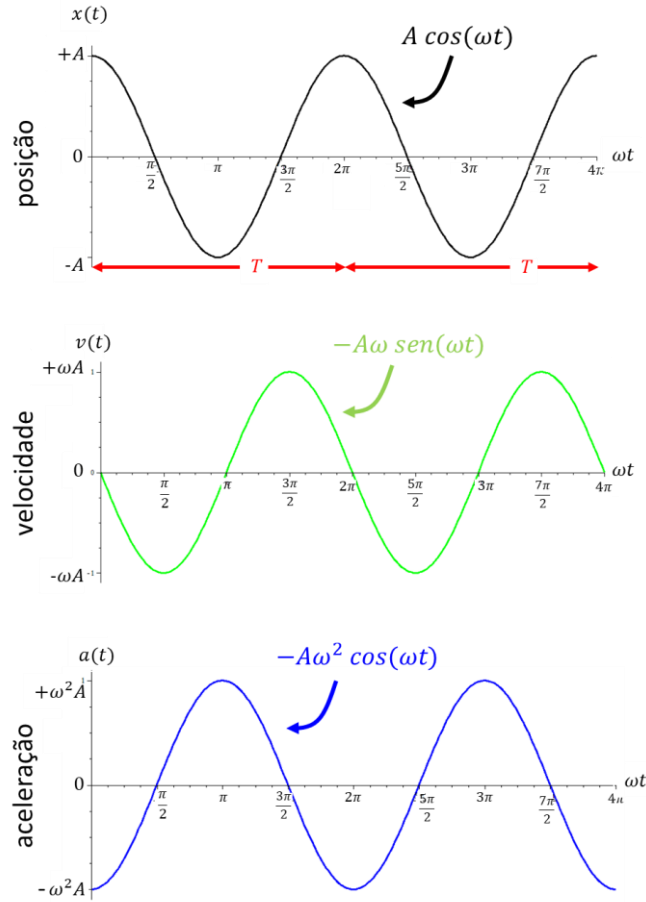
$$a(t) = -\omega^2 x(t) , \quad (2.15)$$

que é uma relação característica do MHS; ela mostra que em um MHS, a aceleração e o deslocamento estão relacionados pela constante ω^2 . Na expressão (2.15), a amplitude da aceleração é dada por $A\omega^2$. Ainda de acordo com essa expressão, o sinal negativo informa que a aceleração do corpo oscilante deve apresentar sempre o sentido contrário ao do deslocamento. Essas duas características sendo observadas em um movimento periódico permite concluir, de imediato, que está ocorrendo um MHS e identificar a frequência angular do movimento como sendo ω (HALLIDAY, 2023). O corpo que executa um MHS é chamado **Oscilador Harmônico**.

Para ilustrar o comportamento dessas funções ao evoluírem no tempo, mostramos na Figura 2.5 o gráfico da posição, velocidade e da aceleração de um corpo que realiza um movimento harmônico simples em dois períodos $2T$ completos,

supondo que esse movimento não seja afetado pela fase, ou seja, $\phi = 0$ nas equações (2.11), (2.12) e (2.14).

Figura 2.5: Posição, velocidade e aceleração de um corpo que realiza um MHS.



Fonte: Autoria própria

Cada gráfico mostra a evolução de um movimento de dois períodos de fase igual a zero. Observe que as curvas se repetem depois de cada período e também, como indica a escala horizontal dessas, a correspondência entre o período e ωt como um múltiplo de 2π .

No caso de um oscilador harmônico linear simples ($F_{rest} \propto x$), a frequência angular é dada pela expressão

$$\sqrt{k} = \sqrt{m\omega^2} \quad \Rightarrow \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad , \quad (2.16)$$

e o período

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} . \quad (2.17)$$

A análise dessas expressões mostra, por exemplo, que valores grandes de ω (T pequeno) devem estar associados à grandes valores da constante k , ou seja, uma mola rígida, para corpos leves que oscilam. A elasticidade e a inércia do oscilador linear também podem ser discutidas aqui. O sistema massa mola, por exemplo, é um oscilador linear em que a elasticidade está concentrada na mola (de massa desprezada) e a inércia é devido inteiramente ao bloco (de elasticidade ignorada) (HALLIDAY, 2023).

2.4.3 ENERGIA MECÂNICA NO MHS

O estudo da energia no Movimento Harmônico Simples (MHS) envolve a análise da energia mecânica E_{mec} do sistema (massa mola, corpo-Terra), que é composta por duas partes: a energia cinética E_c , que está relacionada com a velocidade do corpo, e a energia potencial E_p , que neste caso é relacionada a natureza da interação através de forças conservativas (elástica, gravitacional ou ambas), estando associada à configuração do sistema (posição x do corpo). A evolução no tempo dessas grandezas, de acordo com as expressões

$$E_c(t) = \frac{m.v^2}{2} = \frac{1}{2} kA^2 \sin(\omega t + \phi) \quad \text{e} \quad E_p(t) = \frac{kx^2}{2} = \frac{1}{2} kA^2 \cos(\omega t + \phi) \quad (2.18)$$

nos diz que a energia mecânica $E_{mec} = E_c + E_p$ é conservada e, neste caso, descrita pela expressão

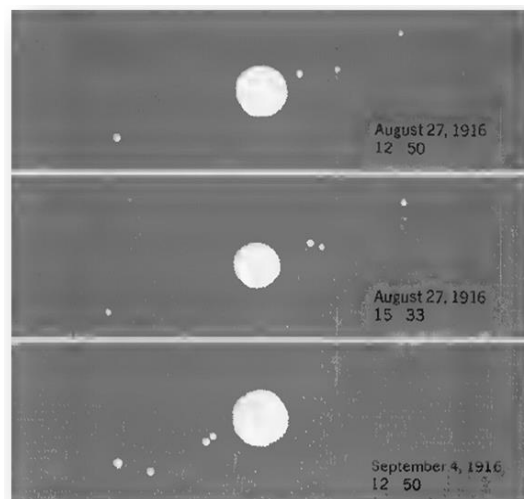
$$E_{mec} = \frac{m.v^2}{2} + \frac{1}{2} kA^2 . \quad (2.19)$$

No movimento harmônico simples, as energias cinética e potencial sofrem variação, porque a velocidade v e a posição x variam durante a oscilação, mas a energia mecânica permanece constante, desde que não haja dissipação de energia (atrito com uma superfície plana ou resistência do ar). Durante o movimento, portanto, ao passar do tempo e ao se variar a posição, ocorre uma transformação de energia de um tipo para outro, mas a energia mecânica do sistema permanece inalterada.

2.5 MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME

A próprio punho, em 1610, o italiano Galileu Galilei (1564-1642) descreveu o que observou pela primeira vez como sendo os quatro maiores satélites naturais do planeta Júpiter. Durante suas observações, constatou que esses satélites realizavam um deslocamento de um lado para o outro de Júpiter, similar ao de um movimento harmônico simples que estudamos, estando o planeta no ponto médio desse movimento.

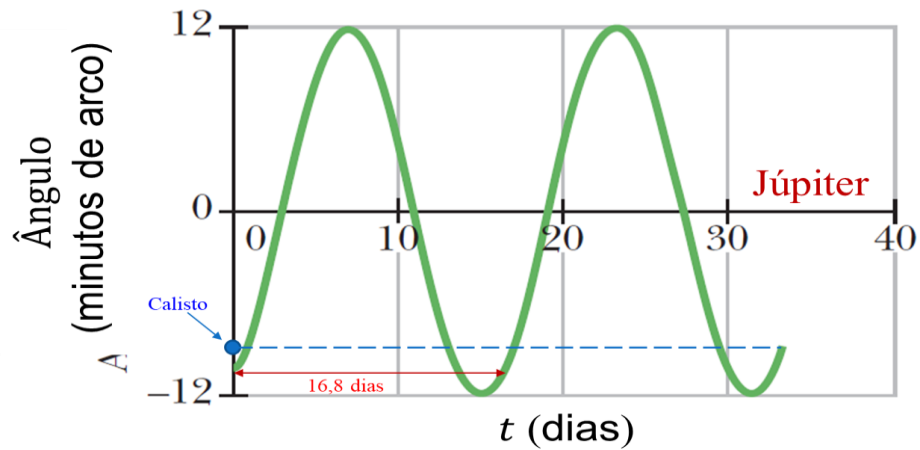
Figura 2.6: Movimento oscilatório de satélites naturais de Júpiter.



Fonte: French (1971), p. 288.

As observações de Galileu em relação a posição (na verdade, a distância angular) do satélite natural Calisto em relação ao planeta Júpiter foram analisadas por A. P. French (MIT, 1971), determinando a posição do satélite natural em relação ao planeta e constatando que os dados seguiam aproximadamente a curva mostrada na Figura 2.7 abaixo, que descreve o deslocamento de um objeto que está executando um MHS.

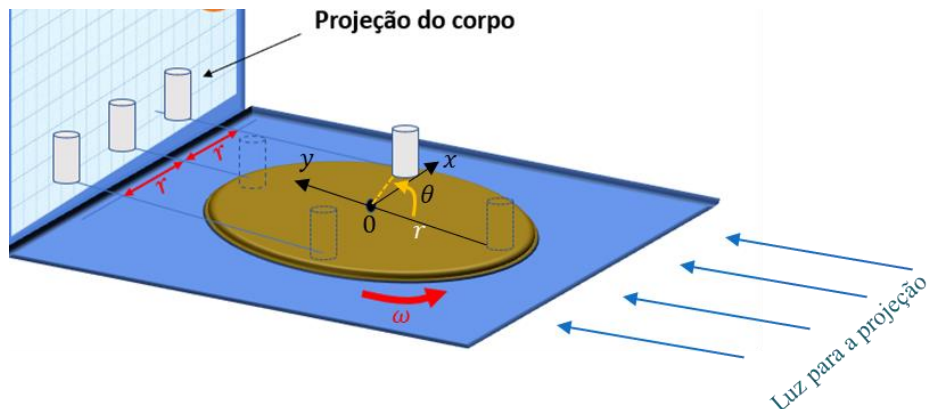
Figura 2.7: Movimento oscilatório de Calisto, satélite natural do planeta Júpiter. Para o Planeta Júpiter, visto a partir da Terra, cada $10' \cong 0,17^\circ$, equivale à $2 \times 10^6 \text{ km}$.



Fonte: Adaptado de Halliday (2023).

Como uma analogia a esse caso, tem-se que a projeção do movimento circular uniforme de um corpo (pino) preso na superfície de um disco em um anteparo pode ser descrita como um MHS, em que a amplitude da oscilação é igual ao raio do disco e cuja posição angular é dada por $\omega t + \phi$ (Figura 2.8). Portanto, o movimento da projeção do pino no anteparo é descrito pelas equações (2.11), (2.12) e (2.14), assim como também representado graficamente pela Figura (2.5).

Figura 2.8: Movimento circular uniforme no plano xy e a projeção de um corpo sobre um anteparo. A projeção (sombra do pino) representa um MHS em que a amplitude da oscilação é igual ao raio r do disco e cuja posição angular é dada por $\omega t + \phi$.



Fonte: Próprio autor.

De acordo com os círculos de referência mostrados na Figura 2.9, tomando o ponto Q como referência (ponto sobre o pino), o ângulo $\theta = \omega t$ cresce positivamente no sentido anti-horário à medida que o tempo passa e o pino sobre o disco gira com velocidade angular ω constante e, do mesmo modo, o vetor representado pelo seguimento OQ (neste caso, um fasor).

A Figura 2.9a destaca um instante t do movimento circular do pino em que sua abscissa é dada por

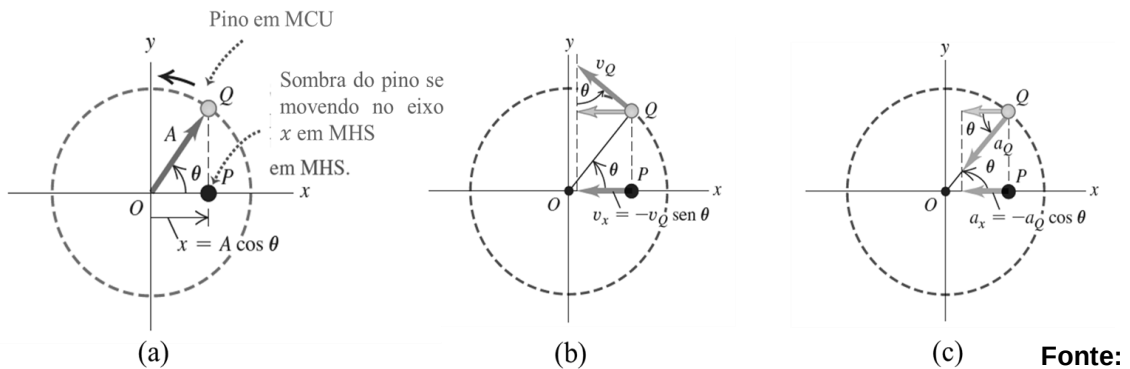
$$x = A \cos \theta , \quad (2.20)$$

que é também a abscissa da projeção (ponto P) do pino sobre o eixo x e, assim, tem-se que, nesse eixo, as velocidades da sombra do pino e a da componente x do vetor velocidade do ponto de referência Q , são iguais e dadas por:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin \theta = -v_Q \sin \theta , \quad (2.21)$$

em que $v_Q = A\omega$, como mostrado na Figura 2.9b.

Figura 2.9: Representação abstrata do movimento descrito no experimento idealizado e mostrado na Figura 2.8.



Adaptado de Young e Freedman (2016).

Do mesmo modo, a aceleração que, pelo fato do pino estar realizando um movimento circular, aponta sempre para o centro da trajetória (Figura 2.9c) e tem módulo $a_Q = \omega^2 A$, de modo que no ponto P , a aceleração da projeção coincide com o componente x do vetor $\vec{a}_Q$, sendo dada por:

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = -A\omega^2 \cos \theta = -a_Q \cos \theta , \quad (2.22)$$

ou ainda

$$a_x = -\omega^2 x , \quad (2.23)$$

ou seja, a aceleração da projeção do pino no ponto P tem uma relação de proporcionalidade direta com o negativo do deslocamento x (possui sentido oposto a ele), assim como apresentado anteriormente na equação (2.15). Com isso, é mostrado que o movimento da projeção do pino sobre o anteparo, obtido a partir de um movimento circular uniforme no plano xy , também pode ser descrito com bases do movimento harmônico simples.

3 TEORIA DE APRENDIZAGEM

3.1 INSTRUMENTALISMO EVOLUCIONISTA

Para explicar a construção do conhecimento ao longo do tempo foram sendo criados diferentes modelos, que foram denominados de teorias. Essas, têm como objetivo mudar a construção do ensino e, assim elevar o nível acadêmico dos alunos. Dentre várias teorias, aqui será apresentada a Teoria da Aprendizagem idealizada e defendida por Jerome Seymour Bruner.

O referido idealizador foi professor de Psicologia e também um dos fundadores do Centro de Estudos Cognitivos da Universidade de Harvard.

Bruner (1969), defende a construção da descoberta a partir da exploração da busca por opções e o currículo em espiral que será abordado mais à frente. Portanto, ele argumenta que a construção do conhecimento será percebida pelo aluno de maneira a identificar problemas e descobrir como preencher tais lacunas.

Para Bruner (1969) a evolução do raciocínio pode ser descrita por:

- Maior protagonismo na construção da resposta ao ensino;
- Desenvolver eventos, através de uma estrutura de informações que converge com o ambiente;
- Autonomia para administrar diferentes alternativas, atendendo diferentes sequências simultaneamente, bem como dividir o tempo para atender demandas múltiplas de forma pertinente.

A referida teoria foi denominada de Teoria da Descoberta e foi muito utilizada em países da Europa e dos Estados Unidos. Bruner (1973) ficou conhecido também por defender que qualquer assunto pode ser ensinado seja qual for o infante, na fase do desenvolvimento desejada. Dentro desse contexto, o ato de ensino de Bruner atende aos processos de:

- a) Aquisição: o estudante entra em contato com novas informações (conceitos, experiências, dados) e começa a organizá-las mentalmente. É o estágio em que o conteúdo chega pela observação, pela escuta, pela leitura ou pelo fazer. Bruner destacava que esse contato inicial precisa ser significativo: o aluno aprende melhor quando aquilo que estuda dialoga com seu repertório e desperta curiosidade.

- b) Transformação: o aluno não fica apenas com a informação bruta; ele a manipula, interpreta, compara, cria hipóteses, procura padrões, estabelece relações. É quando reorganiza o que aprendeu de maneira que faça sentido para si, podendo representar o conhecimento em palavras, esquemas, imagens ou ações. Para Bruner, essa capacidade de transformar a informação é o que realmente permite compreender e usar o que foi aprendido.
- c) Avaliação crítica: não é apenas uma prova ou teste, mas um processo contínuo de reflexão sobre o que foi construído. Avaliar, segundo Bruner, é julgar a adequação do que se produziu: verificar se as ideias estão coerentes, se a solução faz sentido, se há algo a melhorar. Esse momento ajuda o estudante a reconhecer avanços e limitações, fortalecendo o pensamento crítico e a autonomia.

Assim, tudo inicia pelo processo de obtenção do conhecimento. Em seguida há a manipulação desse conhecimento, como caminho para transformar aquela realidade. E, também conferir se a forma como está sendo aplicada contribui para o desenvolvimento.

3.2 O PROCESSO DA DESCOBERTA

Bruner (1969) argumenta que a relevância em um conteúdo de conhecimento está relacionada a estrutura, levando em consideração as ideias e também as relações. Logo, essa é a principal defesa do autor no que se refere a ensinar. No entanto, ele defende o método da descoberta através de alternativas, como também do ambiente vivenciado pelo aprendiz. E, destaca também as lacunas que devem ser preenchidas para um ensino significativo. Nesse contexto, o ambiente deve proporcionar alternativas para que haja percepções pelo aprendiz de similaridades entre as ideias que não foram reconhecidas.

Assim, a descoberta de um princípio ou relação quando percebido por uma criança é idêntico. O que necessariamente há uma compreensão que esse aprendiz deve ver a mesma experiência, em diferentes modelos para que consiga reconhecer e diferenciar com precisão os níveis de representações. Assim, o referido pesquisador destaca a evolução do pensamento e argumenta que ensinar exige esforço para construir o desenvolvimento.

Portanto, Bruner (1969) apresenta três modelos do mundo em que o cidadão precisa percorrer nas etapas de evolução do cognitivo: representação ativa, representação icônica e representação simbólica. Os quais serão explicitados a seguir.

1º - Representação ativa – o pensamento do infante nessa fase está relacionado essencialmente para estabelecer a relação que há com a vivência e ação. Portanto, o interesse da criança está voltado para “manipulação”, ou seja, controlar o mundo através da ação.

Essa fase da criança corresponde especificamente ao processo de aquisição da linguagem e o período que ela inicia a aprender e manusear símbolos. A criança está na idade Pré-escolar. Nessa fase torna-se difícil ensinar para elas ideias físicas. Porque a criança não tem adquirido reversibilidade¹. E, portanto, não consegue entender por exemplo que a massa e o peso de um objeto são conservados, mesmo ao ser alterado a forma do objeto.

2º - Representação icônica – o infante está no ambiente escolar nessa fase. E, portanto, na fase que pensa de forma lógica em situações concretas. É prático quando faz referência a manipulação direta de objetos. E também interna, quando representa “mentalmente” símbolos comparados a elementos e também relações. Nesse contexto, uma operação é também uma oportunidade de obter mentalmente dados sobre o mundo real a serem organizados e também utilizados na seleção de problemas. Nesse estágio, um processo pode ser uma maneira de agir, que difere da ação do estágio anteriormente vivenciado. Pois nessa etapa é inferiorizada e reversível. No primeiro caso porque a criança não mais precisa resolver problemas por meio de processo direto. E, no segundo, porque a operação pode ser compensada pela operação inversa.

3º - Representação simbólica – essa etapa está relacionada as operações formais. A atividade operacional da criança está baseada para trabalhar com situações de hipótese. Assim, a criança pode pensar em possíveis variáveis e deduzir também relações vivenciais que podem ser verificadas através de experimento ou

¹ Propriedade de determinados processos de poderem ser revertidos ao estado anterior, após terem sido submetidos a uma série de mudanças quando se revertem as variáveis que definem o estado.

observações. E, portanto, as operações intelectuais parecem apoiar-se na mesma espécie das operações lógicas. Assim, a criança é capaz de articular formalmente conceitos concretos que antes guiavam as resoluções de problemas. No entanto, não podiam ser descritas e nem formalmente compreendidas.

Tendo como referência a referida teoria de Bruner, essas fases de representação passam por três estágios de processamento, bem como a representação de informações. Logo um descreve o manuseio e ação, outro a organização e imagens, e o último a utilização de símbolos. Mesmo essas fases se desenvolvendo em sequência, todas tem suas funções específicas, não sendo possível uma substituir a outra. Sobre esse entendimento de Bruner (1969;1973;1976) Le François (1982) destaca que há em média três modos distintos que representam não só os efeitos, mas também as experiências sensoriais, bem como dos pensamentos.

3.3 CARACTERÍSTICAS DA TEORIA DE BRUNER

O citado pesquisador esclarece que as teorias psicológicas de aprendizagem, bem como de desenvolvimento são descritivas. No entanto, a abordagem educativa também deve ser prescritiva. Assim, caracteriza-se entre linhas numa concentração no que se refere a potencializar a aprendizagem, bem como otimizar a transferência ou também, a recuperação de informações. Nesse contexto, é necessário estabelecer regras relacionadas a oportunidade de destacar conhecimentos e técnicas.

Nesse contexto Bruner (1976) diferencia quatro características que são essenciais para uma categoria de ensino.

1. Evidenciar as experiências concretas para que haja o desejo de aprender;
2. Ressaltar como precisa ser organizado os conhecimentos para que seja construído o conhecimento pelo estudante;
3. Destacar as sequências mais produtivas para apreciar as matérias a serem estudadas;
4. Evitar métodos relacionados a condição de prêmios e “punições” para os estudantes no ato de ensinar.

Mesmo reconhecendo que a influência de aspectos culturais, incentivadores e pessoais no que se refere a prender e solucionar problemas, Bruner foca sua teoria na tendência para examinar diferentes alternativas. Logo, defende que o estudo e

superação de obstáculos estão centrados na investigação de possibilidades. Essas deverão apresentar foco em compor o processo centrado no estudante. Durante esse percurso os fatores de ativação, manutenção e direção estão inter-relacionados. O primeiro dá início ao processo, o segundo o mantém e, o último evita que seja desordenado. Portanto Bruner (1976) argumenta: “nesse sentido as instruções referenciadas para os alunos precisam abordar alternativas que façam eles construir soluções a partir das descobertas.”

3.4 ESTRUTURA E CATEGORIAS DE CONHECIMENTO

Bruner (1973) defende quatro razões para ensinar a estrutura de uma disciplina.

1. Compreender os fundamentos
2. Relacionar-se com a memória humana
3. Compreender princípios e ideias fundamentais
4. Diminuir a distância entre o conhecimento avançado e o elementar.

Quando se trata da distância entre o conhecimento, ela pode ser reduzida tendo como referência a própria estrutura do conhecimento. No entanto, Bruner (1973), ainda alerta que a forma da representação utilizada, a economia e a potência efetiva são três características fundamentais através das quais estão relacionadas as habilidades do estudante para dominar o assunto. O referido pesquisador afirma que qualquer assunto pode ser ensinado nesses três níveis de representação.

Quando se trata da representação ativa a matéria está relacionada ao conjunto de ações que estão apropriadas para que possa ser construído determinados resultados. Ele exemplifica por exemplo um conjunto de imagens resumidas ou gráficos para representar conceitos. No entanto, não necessariamente será definido completamente enquanto, apresentação icônica.

No que se refere ao domínio do conhecimento tendo como base a economia, refere-se à quantidade de informações que pode ser conservada na mente e processada no que está relacionado a resolução de problema. Um exemplo que o pesquisador fornece são as relações da Física. No caso da queda livre o que seria antieconômico se fosse necessário guardar todas as alturas e os tempos nos mais diversos campos gravitacionais.

Quando o pesquisador exemplifica a aplicabilidade da potência, ele justifica a caracterização pela capacidade que um estudante constrói para relacionar assuntos que aparentemente parecem diferentes. Ele exemplifica o valor generativo de um conjunto de ideias ou mesmo raciocínio que são aprendidos. Assim, o poder efetivo que o estudante tem em descobrir uma experiência a partir de uma análise bem construída ou mesmo a capacidade de realizar uma tarefa intelectual (Bruner, 1973).

Bruner (1969) também destaca a função exercida pela sequência na aprendizagem. Ele argumenta, que essa pode ser intuitiva para a maioria dos que trabalham diretamente com ensino. Nesse sentido Bruner diferencia-se de outros autores ao formalizar a questão e relacionar a termos operacionais. Logo ele identifica:

1. Informações;
2. Estágio do desenvolvimento;
3. Natureza da matéria e
4. Diferenças individuais.

Assim, ele estabelece essas variáveis no estabelecimento da sequência de uma matéria. Há também outro vínculo ao considerar o processo de descoberta. Portanto, na sequência de matéria a ser aprendido, se faz necessário se explorar o processo de descoberta e a exploração de alternativas. Dessa forma, o aluno pode ser encorajado a explorar diferentes caminhos.

Bruner não compreende o reforço como na abordagem comportamentalista. Pois do ponto de vista behaviorista, o reforço tem um papel fundamental, quando destaca que o comportamento é modificado com base em consequências recompensadoras ou punitivas. Bruner defende o reforço no que está relacionado a uma aprendizagem que depende do conhecimento dos resultados. Logo, a instrução oportuniza o conhecimento corretivo. Nesse contexto, o conhecimento dos resultados terá utilidade ou não conforme esteja para o estudante em tempo e também local apropriado. Para Oliveira (1969) o processo do conhecimento deve levar o estudante a auto reforço para que a aprendizagem seja reforço para o aprendiz.

3.5 ATRIBUIÇÕES DO PROFESSOR

Para Bruner (1969) ensinar está relacionado ao movimento de auxiliar ou modificar o desenvolvimento. Nesse contexto, o ato de ensinar deve ser planejado, levando em consideração o que já se sabe sobre o movimento intelectual do aluno.

Assim, ensinar tendo como referência o nível de desenvolvimento do aluno se constrói um nível uma versão de cada conhecimento apropriado para cada idade. Logo, o conjunto de ideias pode ser simplificado para que possa ser entendido por qualquer estudante.

Assim, o núcleo do contexto institucional, está fundamentado no processo instrucional que é considerado um evento determinante tendo ênfase nas características básicas de uma teoria em que se organiza as quatro características básicas do ensino na qual está fundamentada na predisposição, estrutura do conhecimento, sequência e reforço. Nesse viés Oliveira (1973) destaca recomendações específicas para organizar a sequência da instrução.

1. Organizar as sequências de forma que os estudantes percebam as estruturas dos materiais;
2. Ordenar a prática, quando está for pressuposto para a aprendizagem;
3. Fazer uso de contrastes nas sequências;
4. Não utilizar simbolização prematura;
5. Permitir ao estudante dois tipos de experiências: incursões genéticas e aprofundar-se em tópicos do interesse;
6. Realizar revisão de conceitos e atividades já aplicadas oportunizando ao aprendiz aprender de forma mais profunda.

Para Bruner o aprendizado é um processo ativo, assim a criança produz ideias ou conceitos, sempre tendo como referência conhecimentos prévios e aplicação do que está sendo construído. O estudante seleciona e transforma as informações e também constrói hipóteses e decide sua aplicação, utilizando uma estrutura cognitiva que apresente significado e organização para as novas experiências (Bruner 1973).

Nesse contexto, o professor precisa saber incentivar os alunos para que eles possam descobrir os princípios dos conteúdos a serem aprendidos. Ele, e o aluno podem manter um diálogo ativo, no qual a informação seja difundida de forma adequada à compreensão do aluno. O currículo deve ser organizado de forma que o aluno possa organizar o que já aprendeu. E, assim, o professor é um incentivador de descobertas.

Logo, a prática docente tem que ser sistematizada tendo como norte o avanço cognitivo do educando. Nesse percurso, levar em consideração as particularidades de cada educando, não só no aspecto cognitivo, mas também sociocultural e pessoal.

Bruner defende uma prática da indução. Iniciando nos conceitos específicos e caminhando para conceitos mais amplos. Assim o educador assume níveis diferentes de; logo, no raciocínio indutivo, o aluno utiliza de forma preponderante a intuição, a imaginação e criatividade de forma a atingir o princípio desejado.

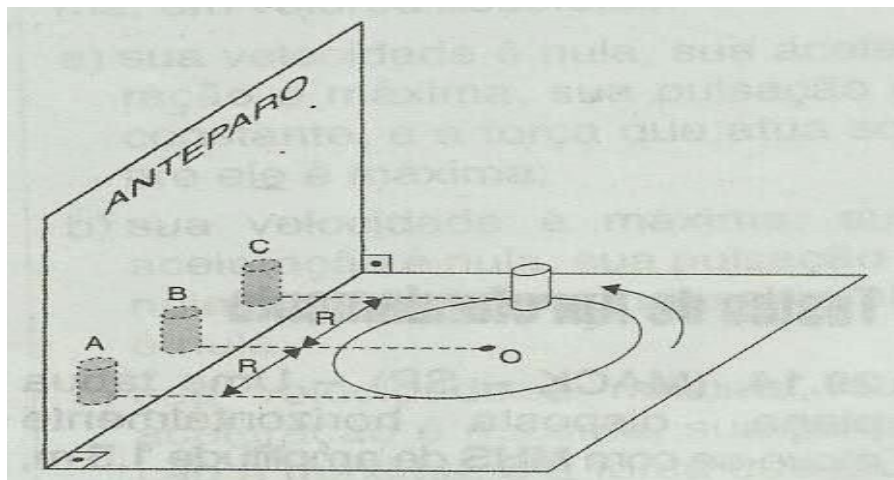
Bruner chama a atenção para que o professor produza juntamente com os alunos desafios para facilitar a construção e transmissão de conhecimentos, oportunizando-os a participarem das aulas e produzindo expectativas para encontrarem respostas para seus questionamentos. Tudo isso contribui para melhorar o desempenho intelectual e amplie os conhecimentos. Para que haja um maior aproveitamento em sala de aula.

Logo, a proposta de Bruner é formar pessoas capacitadas a produzir e interpretar conhecimentos de forma autônoma. Pois, o interesse pelo material a ser aprendido é o melhor estímulo para a aprendizagem.

4 MATERIAL

A proposta do produto educacional surge a partir da observação feita de uma questão do vestibular do Instituto Presbiteriano Mackenzie, em São Paulo, que diz: Um disco de 20 cm de diâmetro gira uniformemente em torno de um eixo O, sobre um plano horizontal, executando 60 rpm. Perpendicularmente ao plano do disco, existe um anteparo conforme ilustra a figura. Ao fixarmos um objeto cilíndrico de pequeno diâmetro perpendicularmente ao disco, num ponto de sua periferia, o mesmo passa a descrever um MCU de frequência igual à do disco. A velocidade de projeção ortogonal do objeto num anteparo será:

Figura 4.1: Imagem da questão



Fonte: Instituto Presbiteriano Mackenzie (SP)

- a) constante durante todo o trajeto entre A e C
- b) zero no ponto B
- c) máximo no ponto B e seu módulo aproximadamente $6,3 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$
- d) máxima no ponto B e seu módulo, aproximadamente $1,26 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$
- e) máxima nos pontos A e C e seu módulo, aproximadamente $6,3 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$.

Tendo essa questão como ponto de partida para construção do produto educacional, foi feito o kit com uma base, anteparo e disco, feitos de material compensado. A base e o anteparo medem, respectivamente 45 cm por 45 cm, e o disco 25 cm de diâmetro (Figura 4.1); um motor de ventilador com o disco acoplado no eixo do motor (Figura 4.2); foi acrescentado nessa proposta um pêndulo simples e

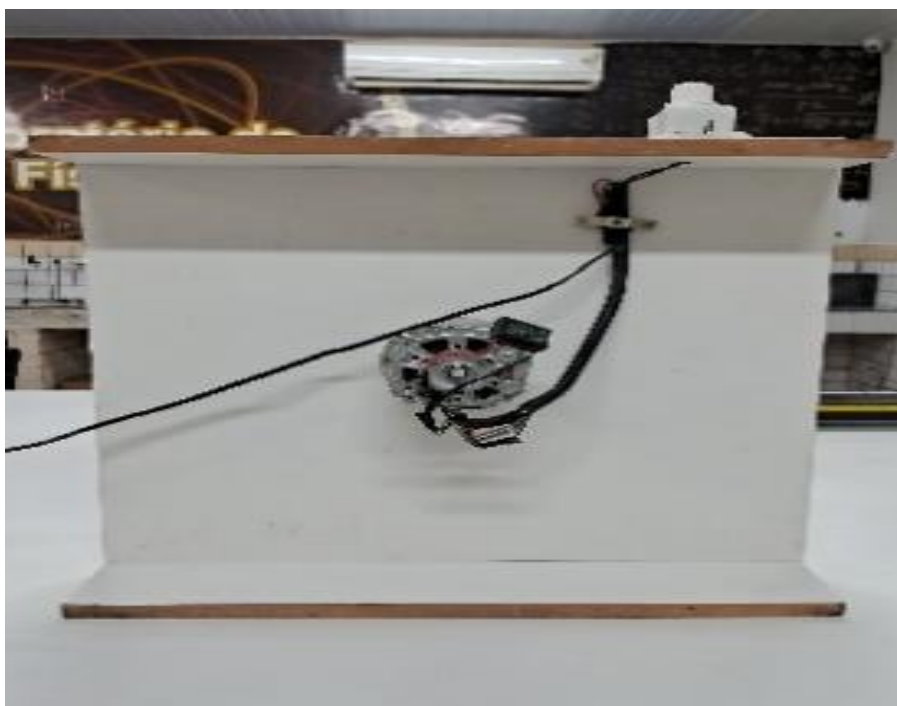
um sistema massa mola, presos a um suporte parafusado na parte mais alta do anteparo (Figura 4.3).

Figura 4.2: Base e anteparo



Fonte: Próprio autor

Figura 4.3: Motor de ventilador



Fonte: Próprio autor

Figura 4.4: Pêndulo simples e sistema massa mola



Fonte: Próprio autor

4.1. MATERIAIS UTILIZADOS

- Duas tábuas de compensado 45 cm x 45 cm;
- Um disco de compensado de 25 cm de diâmetro;
- Um CD;
- Uma tampa de recipiente de batom;
- Cola;
- Motor de ventilador;
- Sistema (motor, engrenagens, correia e eixo), retirado de uma impressora;
- Uma pilha de 1,5 volts;
- Malhas quadriculadas em cm (1cm x1 cm);
- Uma lanterna;
- Uma mola;
- Linha;
- Duas esferas.

4.2 MONTAGEM DO KIT

- Fixar o anteparo com a base com parafusos;
- Colar no anteparo as malhas quadriculadas em cm;
- Colocar o disco de 25 cm de diâmetro preso ao eixo do motor de ventilador na base de compensado;
- Colocar a mola na haste que está parafusada no anteparo;
- Colocar o pêndulo (linha + esfera), preso na haste.

4.3 TESTE E AJUSTE DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional foi primeiramente montado utilizando o motor de ventilador. Porém ao ligá-lo foi verificado que ele acelera e chega a atingir em média 1500 rpm. Isso inviabilizou o funcionamento do disco no kit educacional.

Pensando numa solução para se fazer essa correção, foi feito a busca por um outro motor que pudesse substituir esse motor de ventilador. O motor mais adequado encontrado foi um de passo (figura 4.4), retirado de uma impressora que já estava sem uso.

Figura 4.5: Motor de passo



Fonte: Próprio autor

Esse motor foi colocado fixo embaixo da base de compensado, utilizando dois fixadores de compensado conforme a figura 4.5.

Figura 4.6: Fixadores de compensado



Fonte: Próprio autor

Substituindo o motor, seria necessário substituir junto o tipo disco com pino (disco adaptado). Para isto foi utilizado um CD junto com uma tampa de batom (Figura 4.6).

Figura 4.7: Disco adaptado



Fonte: Próprio autor

Logo após essa montagem, foi feito testes com fontes de diferentes voltagens. O primeiro foi com uma bateria de 12 volts. Com essa bateria verificou-se que a velocidade ainda continuava alta, não adequada para a rotação desejada. Depois foi

utilizada duas pilhas de 1,5 volt cada. Essas foram colocadas em série, e o movimento do motor ainda ficou alto. Posterior a isso, foi utilizado apenas uma pilha de 1,5 volt. No último teste, foi verificado que a velocidade seria a mais adequada para se fazer o estudo no anteparo, do movimento oscilatório do pino sobre o disco, com uma frequência próxima de 28 rpm.

5 METODOLOGIA

A proposta educacional em questão possui um caráter qualitativo, com o objetivo de realizar uma análise investigativa e prática. Nesse sentido, a proposta possui de caráter aplicado, estando relacionada com o modelo de pesquisa ação Thiollent (2008). A abordagem qualitativa foi escolhida por permitir uma compreensão mais profunda das percepções, experiências e significados atribuídos pelos alunos à utilização de um produto educacional desenvolvido especificamente para o ensino de Física.

Segundo Bogdan e Biklen (1994), a pesquisa qualitativa busca interpretar os fenômenos em seus contextos e atribuir significado às experiências vividas pelos participantes. O interesse do pesquisador esteve voltado para entender como os alunos interagiram com o produto educacional e quais foram os efeitos percebidos dessa experiência no processo de aprendizagem, não sendo o objetivo da pesquisa quantificar resultados, mas sim interpretar e compreender as percepções dos sujeitos envolvidos.

Nesse sentido, a ênfase da proposta recaiu sobre atividades concretas, acessibilidade de conceitos e a integração com a teoria educacional de Bruner (1966). Esta perspectiva teve como objetivo envolver os estudantes, incentivando a curiosidade e o entendimento por meio da vivência e da implementação progressiva dos princípios dos estudos feitos por Bruner com base no currículo em espiral e os modos de representação do mundo pelos quais passam um indivíduo.

De acordo com Roldão (1994), o Currículo em Espiral de Bruner se baseia na descrição de etapas ou fases do desenvolvimento intelectual humano. Contudo, essa fundamentação é percebida como um guia para ajustar métodos de ensino às necessidades dos alunos, diversos pontos de vista e representações do mundo em diversas idades, não com o objetivo de escolher ou eliminar conteúdos ou ideias. Bruner, embora tenha definido uma sequência de etapas, se concentra mais na especificidade qualitativa do entendimento dos estudantes em cada etapa.

Devido à preferência pelo método de descoberta e à teoria da aprendizagem em espiral, surge a proposta de estruturar os currículos e as práticas pedagógicas com base no processo de reconstrução dos conhecimentos, de métodos científicos “da interiorização dos seus princípios e da tentativa de aplicação dos seus métodos”. (ROLDÃO, 1994, p. 64)

Assim, o Currículo em Espiral proposto por Bruner (1966) é um método pedagógico que se baseia na apresentação de conteúdos de forma espiral, de conceitos fundamentais que são apresentados inicialmente e posteriormente revisados em variados graus de complexidade e maneiras de se expressar. Nesta visão de currículo, a educação não seria definida pela sua extensão, mas pela sua profundidade, destacando o maior número possível de particularidades. Portanto, este modelo de currículo representa um modelo de sucesso. O currículo deveria começar com uma descrição intuitiva de um campo do saber, voltando-se posteriormente para representá-lo de maneira mais formalizada.

Figura 5.1: Representação do currículo em espiral



Fonte: SED (RO), 2022.

Conforme ilustrado na Figura 5.1, o Currículo em Espiral é uma teoria de ensino que expõe os conceitos fundamentais de forma espiralada, inicialmente e posteriormente revisados em diversos anos, sempre elevando o grau de profundidade, complexidade e formas de abordagem, capacidade de representação.

Portanto, as crianças aprendem o essencial sobre um tema, e posteriormente começam a revisitar e incorporar esse conhecimento, outras percepções mais sofisticadas sobre o mesmo fenômeno, tal como numa espiral.

Com relação ao ensino do movimento harmônico simples, esse pode ser realizado forma interativa, alinhando o currículo em espiral as três formas de representação propostas por Bruner: ativa, icônica e simbólica. Assim, possibilita-se aos alunos a construção ativa do conhecimento, transitando de uma vivência concreta para um entendimento abstrato e formal.

Na fase formal (ativa) com ação direta e manipulação, o estudante vivencia uma experiência prática com o movimento harmônico simples, possibilitando que eles "percebam" esse movimento e analisem suas particularidades. Para tal, os estudantes constroem o pêndulo simples com barbante e objetos como pesos.

Os estudantes observam como a rigidez da mola e o objeto afetam a oscilação no movimento harmônico simples, utilizando mola e massa. Analisam o período e notam como ele se altera com diferentes massas ou molas.

No que diz respeito no movimento do disco com o pino, os alunos podem reconhecer no painel do produto educativo, utilizando uma lanterna, o movimento harmônico simples, o que permite a eles caracterizar grandezas físicas como frequência, período e amplitude nas oscilações.

De acordo com Bruner (1966), o processo de aprendizagem inicia-se por meio da ação direta, permitindo que os alunos tenham uma interação prática com os fenômenos antes de realizarem a interpretação teórica, o que torna a aprendizagem mais significativa.

Na fase icônica, os estudantes apresentam uma representação gráfica através de imagens. Isso possibilita que os alunos representem fenômenos relacionados a oscilações de forma tangível, estabelecendo uma ligação entre a vivência abstrata e a percepção visual. Nesta fase, eles conseguem identificar os padrões e a repetição dos movimentos. Os estudantes elaboram representações visuais do movimento harmônico básico, ilustrando o movimento do pêndulo e da mola.

Os estudantes têm a capacidade de elaborar representações gráficas do conhecimento obtido. O uso de imagens auxilia na mudança do mundo tangível para um caminho mais acessível e compreensível.

No que diz respeito à fase simbólica, apresenta os princípios matemáticos e simbólicos que descrevem o movimento harmônico simples e sua avaliação quantitativa.

A equação do movimento $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$ pode ser apresentada discutindo os parâmetros A , ω e ϕ , assim como o período, a frequência e a frequência angular podem ser investigadas através das suas conexões.

Os estudantes resolvem problemas relativos ao pêndulo e ao sistema massa mola, calculando o período do pêndulo simples sob variadas condições de comprimento e aceleração gravitacional.

Finalmente, na fase simbólica, os alunos examinam e compreendem gráficos de oscilação (tais como gráficos de posição em relação ao tempo), determinando o período e a frequência com base nos dados.

Na avaliação, o processo será contínuo, possibilitando ao docente acompanhar o avanço dos estudantes em todas as fases e fornecer retorno contínuo. Depois de cada fase, questionários com problemas dissertativos sobre o tema oscilações serão aplicados para avaliar tanto o entendimento conceitual quanto a competência em solucionar problemas.

Esta abordagem se alinha à ideia de Bruner de um ensino em espiral, no qual os estudantes revisitam o conteúdo de maneira gradual, elevando a complexidade e a abstração do conhecimento. Ao estudar oscilações, os estudantes não apenas experimentam o fenômeno, mas também o representam de formas visuais e matemáticas, o que simplifica a compreensão e a memorização dos conceitos.

Esta estratégia é particularmente eficiente no Ensino Médio, pois incentiva o envolvimento ativo e a utilização prática do saber, além de combinar teoria e experimentação, incentivando o interesse científico.

6 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Nessa parte da dissertação, discorre-se sobre como será o planejamento da ordem de como será aplicada o produto educacional aqui apresentado. A aplicação desse produto educacional tem como referencial humano, estudantes da 2ª série do Ensino Médio da Escola Estadual Professor Abel Freire Coelho. Como temos a disposição apenas um kit construído, iremos trabalhar as propostas de experimentos, que são três, com grupos de seis alunos para cada proposta de experimento. A aplicação foi realizada na semana de 27 a 30 de novembro de 2023.

A escola no turno matutino (turno que o autor trabalha) tem 18 turmas: oito primeiras séries; seis segundas séries; e quatro terceiros anos. Essa é a formatação de turmas do ano de 2023.

Nesse desenvolvimento foi feita uma abordagem principal no conceito de Movimento Harmônico Simples (MHS) e temas inseridos nesse assunto como frequência, período, funções horárias do movimento, oscilador massa mola e pêndulo simples.

Foram realizados 3 experimentos com roteiros da prática, utilizando o sistema massa mola, pêndulo simples, o disco que é um CD com a tampa de um batom como pino, todos montados no produto educacional.

Cada experimento teve uma duração de uma hora e 40 minutos (duas aulas) e seguiu as propostas descritas aqui no desenvolvimento do produto educacional.

6.1 PROPOSTA EXPERIMENTAL 1: DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE ELÁSTICA DA MOLA HELICOIDAL, OSCILADOR MASSA-MOLA.

6.1.1 HABILIDADES E COMPETÊNCIAS (BRASIL^a, BRASIL^b)

- Estabelecer a variação de tempo na oscilação do oscilador massa-mola;
- Comprovar experimentalmente a validade da expressão $T = 2\pi(m/k)^{1/2}$ num oscilador massa mola, identificando cada variável da mesma.
- Determinar, pelo processo dinâmico, a constante elástica k da mola.

6.1.2 MATERIAIS UTILIZADOS NESSE EXPERIMENTO

Uma mola helicoidal com comprimento de 8 cm;

Uma esfera metálica;

Uma régua graduada em cm.

6.1.3 ESTRATÉGIAS PARA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Identificar em gramas a massa da esfera e depois converter em quilogramas com uma balança digital.

Fazer o registro da massa da mola.

Colocar a mola parada e anotar a posição de equilíbrio x_0 .

Colocar a esfera pendurada na mola.

Medir a amplitude da mola e registrar a deformação elástica x .

Preencher a tabela 1:

Tabela 1 – Dados do sistema massa mola

Massa da esfera (kg)	Massa da mola helicoidal (kg)	Posição de equilíbrio x_0 (cm)	Amplitude da mola (cm)	Deformação elástica x (cm)

Fonte: Autoria própria

6.1.4 QUESTIONÁRIO 01

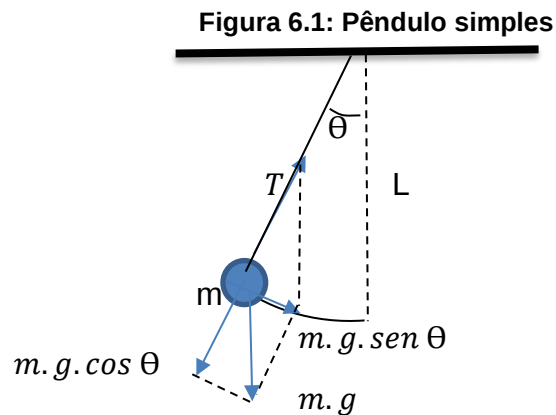
- O que vocês observam na amplitude (A) do movimento executado pela massa m na variação de tempo? Justifique tal fato.
- O que vocês observam com a frequência (f) do oscilador massa mola na variação de tempo?
- Considerando o oscilador massa mola parado, a Lei de Hooke fica igual ao peso do oscilador massa mola. Ou seja, $k \cdot x = m \cdot g$. Determine o valor da constante elástica da mola k .
- Utilizando um cronômetro, marque o tempo t em que a massa realiza 10 oscilações completas.

- e) Conhecendo o tempo nas 10 oscilações, marque o período T do sistema massa-mola.
- f) Conhecendo o valor de T e a expressão $T = 2\pi(m/k)^{1/2}$, determine a constante elástica k da mola.

No momento em que uma massa m colocada a uma mola de constante elástica k , formando um sistema massa-mola, for deslocado de x em relação a sua posição de equilíbrio (x_0), uma força restauradora proporcional a este deslocamento (Lei de Hooke), age permitindo que esta massa retorne à posição de equilíbrio da mola, oscilando em torno de x_0 . Esse movimento oscilatório especial é conhecido como Movimento Harmônico Simples (MHS).

6.2 PROPOSTA EXPERIMENTAL II: PÊNDULO SIMPLES

Conjunto formado por um fio de comprimento L e preso a esse fio temos um corpo de massa m . Esse corpo será aqui no conjunto uma esfera metálica. O pêndulo oscila ao redor de um ponto fixo em duas dimensões (figura 6.1).



Fonte: Autoria própria

6.2.1 HABILIDADES E COMPETÊNCIAS (BRASIL^a, BRASIL^b)

- Identifica g no laboratório de Física da Escola Estadual Professor Abel Freire Coelho;
- Identificar a força $\vec{F}_{g,t} = m \cdot g \cdot \sin \theta$;

- Calcular a tração $\vec{T}$ em função do ângulo de inclinação θ e $\vec{F}_{g,t}$.

6.2.2 MATERIAIS UTILIZADOS NESSE EXPERIMENTO

- Uma linha;
- Uma esfera metálica;
- Um cronômetro para registrar o intervalo de tempo da oscilação do pêndulo;
- Uma régua ou trena para medição do comprimento da linha;
- Um paquímetro para verificar o diâmetro da esfera;
- Uma haste para segurar o barbante;
- Um transferidor.

6.2.3 ESTRATÉGIAS PARA A REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

1ª) Faça o ajuste do comprimento do fio do pêndulo de forma que tenha a medida definida da ponta da linha ao centro da esfera. Essa medição será em metros;

2ª) Desloque a esfera de onde estava parado, até um ângulo θ , considerando que esse ângulo tenha um valor estabelecido máximo de 15° . A medição desse ângulo é feita com o transferidor;

3ª) Logo após ter deslocado a esfera e marcado uma posição inicial de lançamento, largue a esfera e com o cronômetro registre o tempo de 10 oscilações, fazendo essa medição de tempo por cinco vezes;

4ª) Determine a média e o erro padrão da média do tempo;

5ª) Utilize a equação $T = 2\pi\sqrt{\ell/g}$ para determinar o valor de g no laboratório de Física da Escola estadual Professor Abel Freire Coelho. O valor da gravidade deve ser em m/s^2 .

6.2.4 QUESTIONÁRIO 02

1ª) QUESTÃO: Qual o valor de g no laboratório de Física da Escola Estadual Professor Abel Freire Coelho?

2ª) QUESTÃO: Comparando o valor encontrado de g no local com o valor da gravidade na literatura científica, qual foi o desvio percentual entre os dois valores?

3ª) QUESTÃO: Faça um comentário sobre a variação do período com a massa do pêndulo. Existe uma dependência de um com o outro? Justifique.

4ª) QUESTÃO: Determine o valor de $\vec{F}_{g,t}$.

5ª) QUESTÃO: Determine o valor da tração $\vec{T}$.

6.3 PROPOSTA EXPERIMENTAL III: ESTUDO DO MHS NO MOVIMENTO CIRCULAR NUM DISCO

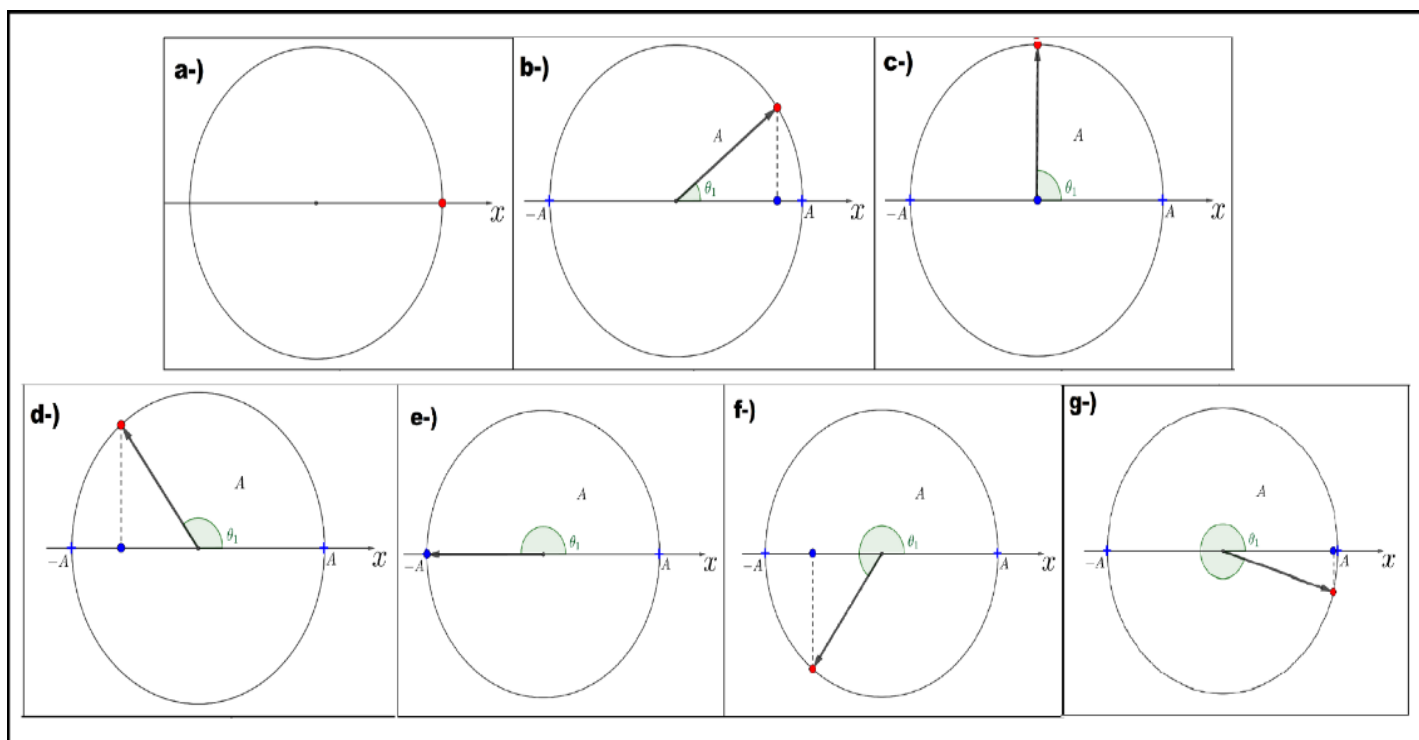
A conexão entre o movimento harmônico simples (MHS) e um movimento circular uniforme (MCU) permite estudar um com base no outro. Como exemplo, a órbita quase circular de um planeta ao redor de uma estrela pode descrever um sistema oscilante, dependendo do ponto do observador no plano da órbita. Mesmo quando não há dados diretos e detalhados sobre a trajetória circular, essa relação entre MCU e MHS possibilita estimar parâmetros físicos importantes. Em um trabalho recente, Cuzinatto, Morais e Souza (2014) mostraram, com base nos registros de Galileu Galilei, como ele conseguiu prever corretamente a dinâmica das órbitas das luas galileanas ao redor de Júpiter.

A ideia de se associar o MCU ao MHS ocorre porque qualquer movimento oscilatório pode ser entendido como a projeção, no eixo correspondente, de um movimento circular. Imagine, por exemplo, um sistema executando um movimento oscilatório de amplitude dada por A no eixo x . Cada posição marcada no eixo x pode ser entendida como sendo a projeção (nesse mesmo eixo) de um movimento circular uniforme sendo realizado em uma circunferência cujo raio vale A , ou seja, o raio da circunferência equivale a amplitude do movimento oscilatório.

Para elucidar melhor essa analogia apresenta-se a sequência na figura 6.2. Observe que o ponto azul pode ser compreendido como sendo a projeção do ponto vermelho ao longo do eixo x . Dessa forma, à medida que o ponto vermelho descreve um MCU, o ponto azul descreve um MHS. Note ainda que quando o corpo azul oscila

do ponto A para o ponto $-A$ no eixo x , o movimento descrito pelo ponto vermelho realiza meia volta no local superior da circunferência, isto é, no sentido anti-horário. Já o movimento oscilatório da volta, isto é, quando o ponto azul vai de $-A$ até A , o movimento circular correspondente percorre a semicircunferência inferior. Dessa forma, uma oscilação completa no eixo x pode ser comparada a uma volta completa no movimento circular.

Figura 6.2: Analogia entre MCU e MHS



Fonte: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/64852/html>

Cada instantâneo dessa sequência, representado pelas letras nos quadros, mostra que:

a) O começo do movimento oscilatório ocorre na amplitude A . O movimento circular correspondente está associado ao arco 0 .

b) O objeto oscilante se move em direção ao ponto de equilíbrio, aumentando o valor de sua velocidade. O objeto no movimento circular associado permanece com sua velocidade constante, porém, nesse momento descreveu um arco θ_1 . Assim, a cada posição no eixo x , associa-se um arco de circunferência.

c) O objeto oscilante está em seu ponto de equilíbrio, em que o arco associado a essa posição é $\pi/2$.

d) O objeto oscilante passou o ponto de equilíbrio, agora o módulo de sua velocidade passa a diminuir e o arco associado está entre $\pi/2$ e π .

e) O objeto oscilante atinge a posição de amplitude $-A$, o arco associado vale π .

f) O objeto oscilante inicia o movimento de volta, novamente aumentando sua velocidade, o arco associado está entre π e $3\pi/2$.

g) O objeto oscilante está prestes a completar a oscilação, assim como o objeto em movimento circular está completando uma volta, isto é, o movimento circular irá completar um arco igual a 2π .

Diante do exposto acima, conclui-se que a frequência do movimento oscilatório é igual frequência do movimento circular associado, onde o número de oscilações realizadas em cada tempo medido é igual ao número de voltas completas na circunferência por unidade de tempo.

As três grandezas apresentadas (período, frequência e frequência angular) estão correlacionadas, assim basta conhecer uma delas e se identifica as outras duas. A identificação é facilitada pensando no movimento circular associado. Quando os parâmetros de um movimento harmônico podem ser obtidos com relação a um movimento circular associado, as equações do movimento também devem ser.

Quando se estuda oscilações na Física, mais precisamente o Movimento Harmônico Simples (MHS), sabe-se que esse tipo de oscilação é periódico também. Por essa razão, observa-se que o Movimento Harmônico Simples tem uma relação direta com o Movimento Circular Uniforme (MCU). “O movimento harmônico simples é uma função senoidal do tempo t , ou seja, pode ser descrito como seno ou cosseno do tempo t ”.

Na proposta experimental aqui apresentada visa identificar no produto educacional essa relação entre MHS e MCU. Portanto, a partir da investigação do MCU podemos fazer uma caracterização do MHS.

6.3.1 HABILIDADES E COMPETÊNCIAS (BRASIL^a, BRASIL^b)

- Definir o conceito de frequência no MHS;
- Relacionar a grandeza frequência com o período no MHS;
- Caracterizar as funções do deslocamento, velocidade e aceleração no MHS.

6.3.2 MATERIAIS UTILIZADOS NESSE EXPERIMENTO

- Um disco adaptado no produto educacional (um CD fixo num eixo de impressora como uma tampa de batom como pino);
- Malhas quadriculadas fixas no anteparo do produto educacional;
- Uma fonte de luz (uma lanterna pequena).

6.3.3 ESTRATÉGIAS PARA A REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

- 1ª) Utilizando uma pilha de 1,5 volts, ligue o motor anexo ao eixo cm o disco;
- 2ª) Ligue a lanterna e direcione ela para o disco em movimento e observe a imagem unidimensional que aparece da sombra do pino que está sobre o disco;
- 4ª) Faça a medição da frequência e do período do movimento harmônico simples dessa sombra;
- 5ª) Identifique a amplitude do movimento harmônico simples da sombra;
- 6ª) Por último aplique as equações do MHS e responda o questionário abaixo.

6.3.4 QUESTIONÁRIO 03

1ª) QUESTÃO: QUAIS OS VALORES DA FREQUÊNCIA E DO PERÍODO NO MHS ESTUDADO DO MHS DA SOMBRA DO PINO?

2ª) QUESTÃO: QUAL O VALOR DA AMPLITUDE DO MHS DA SOMBRA DO PINO?

Após a aplicação do produto educacional com essas três propostas de experimento, será realizada uma avaliação final com os alunos para qualificar a metodologia de trabalho, que consiste na atividade experimental. Os estudantes da

Escola Estadual Professor Abel Freire Coelho têm a chance de usufruir de um espaço mais adequado para a realização de atividades inovadoras que contribuem significativamente para o processo de ensino-aprendizagem.

Em conversas cotidianas em sala de aula, a maioria dos alunos concorda que os conceitos de Física devem ser estudados por meio de aulas práticas, pois essas aulas tornam os conceitos físicos muito mais claros, superando a abordagem teórica encontrada nos livros didáticos.

Em contrapartida, o produto educacional apresentado aqui propõe que os professores do Ensino Médio abordem os conceitos de Física relacionados ao estudo das Oscilações por meio de aulas criativas, capazes de atrair os alunos para um ambiente de estudo estimulante.

7 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL E RESULTADOS

A aplicação do material de apoio instrucional (produto educacional) se deu em duas turmas de 2ª série do Ensino Médio, as turmas F e G, no turno matutino da Escola Estadual Professor Abel Freire Coelho, localizada na cidade de Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte. Cada turma era composta de 40 estudantes com idades entre 16 e 17 anos, provenientes em boa parte da rede pública.

O planejamento dessa aplicação foi feito em quatro momentos na escola. Esses momentos foram organizados de forma que uma etapa fosse complementada com a outra de forma que o processo de aprendizagem dos estudantes fosse gradualmente sendo incrementado com as atividades.

O norte da aplicação do material foi o ensino em espiral alinhado as fases de desenvolvimento intelectual, abordados na teoria educacional de Jeromer Bruner. Nas quatro primeiras aulas foi exposto aos alunos das turmas aqui representadas, a parte teórica do conteúdo de Movimento Harmônico Simples. Foi proposto uma discussão em sala para introduzir um novo produto educacional sobre o tema Movimento Harmônico Simples (MHS). A estratégia foi ativar os conhecimentos prévios dos alunos para facilitar a compreensão dos novos conteúdos.

A primeira etapa iniciou perguntando aos alunos o que sabiam sobre movimentos oscilatórios, como o pêndulo de um relógio ou a mola de um brinquedo. Muitos relataram experiências do dia a dia, como o balanço de um parque ou um som produzido por instrumentos musicais de cordas. Essas referências permitiram identificar noções intuitivas de periodicidade e equilíbrio, o que abriu espaço para a introdução formal do conceito de MHS.

Em seguida, foi apresentado o produto educacional, que permitia manipular variáveis como amplitude, frequência e constante elástica. Durante a exploração, os alunos foram incentivados a fazer previsões e explicar os resultados com base no que já sabiam. A troca de ideias revelou que, apesar de conhecerem os termos técnicos, muitos já compreendiam conceitos fundamentais na forma empírica.

Nesse contexto, o trabalho do professor em parceria com os estudantes, foram desenvolvidos juntos, onde o professor pode ajustar a apresentação dos conteúdos às condições e ritmos dos discentes, e eles participarem investigando e explorando o material de apoio instrucional bem como solucionar problemas que foram abordados nesse material. Essa parceria aqui descrita, está presente no currículo em espiral de

Bruner que também aborda como benefícios a profundidade e compreensão de conceitos, uma aprendizagem significativa duradoura e incentivo a curiosidade e pesquisa.

7.1 PRIMEIRA ETAPA – AULAS 01, 02, 03 E 04

Nesta fase, foi feita uma abordagem do conteúdo relacionado ao Movimento Harmônico Simples. Na introdução da abordagem do conteúdo, foram propostas algumas questões que ligassem o MHS à rotina dos alunos. Indagações como:

- 1) Vocês já ouviram falar de Movimento Harmônico Simples ou oscilações?
- 2) Em quais situações de nosso cotidiano podemos identificar movimentos harmônicos simples?

Após a realização dessa intervenção com perguntas e a obtenção de respostas dos alunos com base em seu conhecimento prévio, o conteúdo foi exposto utilizando um projetor PowerPoint. Nessa apresentação, foram apresentados os conceitos que fundamentam o movimento harmônico simples, a Lei do Movimento Harmônico Simples, as equações matemáticas que regem o MHS e, por fim, o comportamento do movimento descrito na abordagem da energia.

7.1.1 DISCUSSÃO DA PRIMEIRA ETAPA

Nesse momento observou-se que os estudantes têm dificuldades de relacionar os tópicos abordados de oscilações com o dia a dia deles. Isso fica evidente porque muitos ficaram em silêncio, outro respondem com respostas sem sentidos. Fica evidente que uma parte dos estudantes têm dificuldade de relacionar temas de Física com o dia a dia deles. Observa-se aqui a necessidade da intervenção do professor onde o diálogo se faça presente.

Bruner destaca a relevância do diálogo nesse momento nessa fase inicial de explanação da matéria, pois o professor atua como um orientador que vai dando suporte e direção ao estudante para que ele investigue e solucione problemas. Fazendo isso, o estudante será o protagonista no processo da descoberta.

7.2 SEGUNDA ETAPA – AULAS 05 E 06

A primeira proposta experimental, que envolve a determinação da constante elástica da mola helicoidal e do oscilador massa mola, foi conduzida no laboratório de Física da Escola Estadual Professor Abel Freire Coelho. Nesta proposta experimental, realizamos alguns procedimentos que serão descritos a seguir. A figura 7.1 mostra a identificação da massa da esfera em gramas em uma balança digital, seguida da conversão para quilogramas

Figura 7.1: Medida da massa da esfera



Fonte: Arquivo da pesquisa

Determinação da massa da mola helicoidal (figura 7.2).

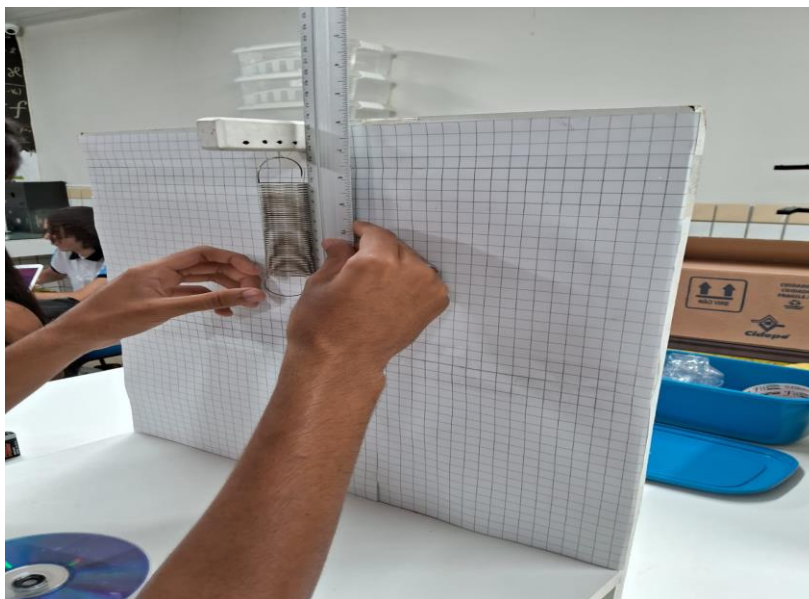
Figura 7.2: Medida da massa da mola



Fonte: Arquivo da pesquisa

Colocação da mola em repouso e anotação da posição de equilíbrio x_0 (figura 7.3).

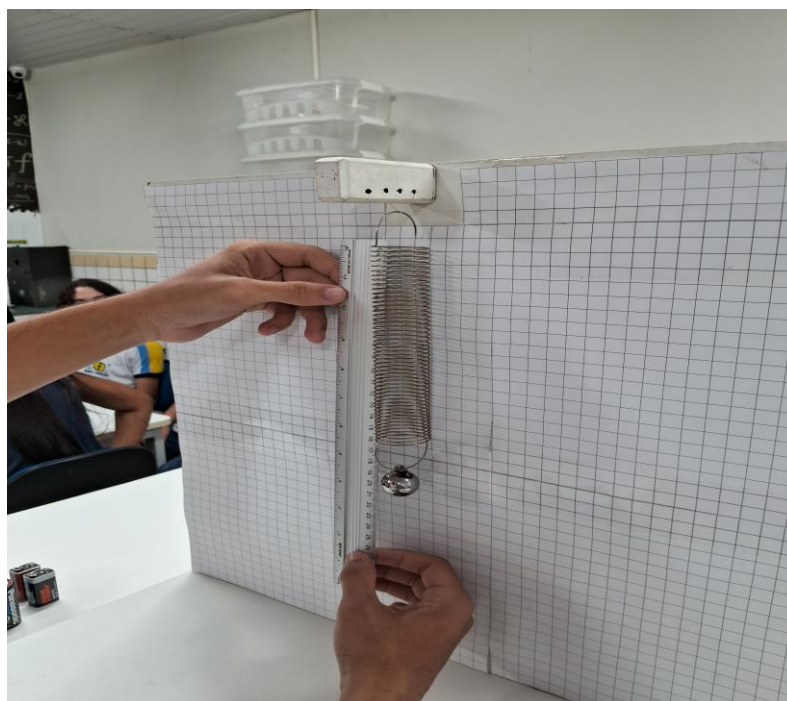
Figura 7.3: Anotando a posição de equilíbrio da mola



Fonte: Arquivo da pesquisa

Medida da amplitude da mola e determinação da deformação elástica x (figura 7.4).

Figura 7.4: Determinando a deformação elástica



Fonte: Arquivo da pesquisa

Tabela 2 - Registro dos valores medidos.

Massa da esfera (kg)	Massa da mola helicoidal (kg)	Posição de equilíbrio x_0 (cm)	Amplitude da mola (cm)	Deformação elástica x (cm)
0,041	0,029	75	91	16

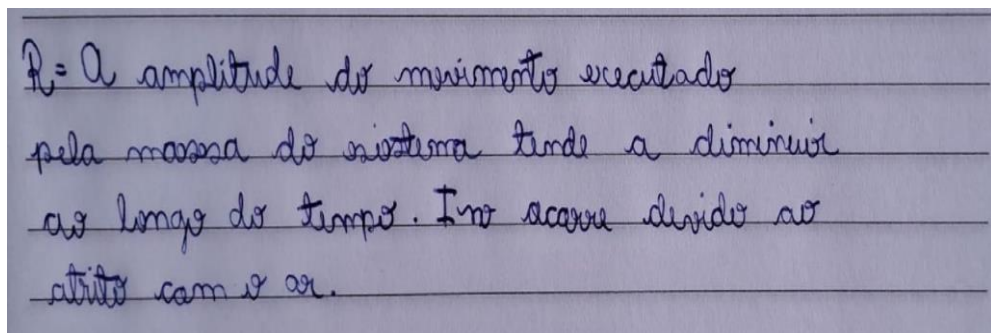
Fonte: Autoria própria

Resolução do questionário 01 sugerido nessa proposta experimental, onde registramos as respostas a seguir.

QUESTIONÁRIO 01

- a) O que vocês observam em relação a amplitude (A) do movimento executado pela massa m à medida que o tempo passa? Justifique tal fato.

Figura 7.5: Resposta do estudante A

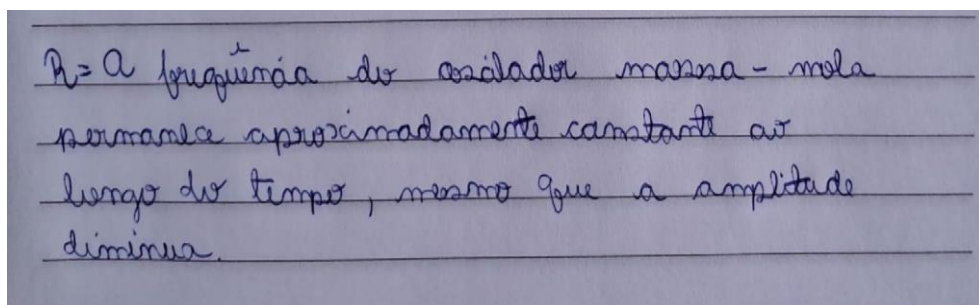


R = A amplitude do movimento executado pela massa do sistema tende a diminuir ao longo do tempo. Isso ocorre devido ao atrito com o ar.

Fonte: Arquivo da pesquisa

- b) O que vocês observam em relação à frequência (f) do oscilador massa-mola à medida que o tempo passa?

Figura 7.6: Resposta do estudante A



R = A frequência do oscilador massa-mola permanece aproximadamente constante ao longo do tempo, mesmo que a amplitude diminua.

Fonte: Arquivo da pesquisa

- c) Considerando o oscilador massa-mola em equilíbrio estático, temos que a Lei de Hooke fica igual ao peso do oscilador massa-mola. Ou seja, $k \cdot x = m \cdot g$. Calcule o valor da constante elástica da mola k .

Figura 7.7: Resposta do estudante A

Handwritten student work for Figure 7.7:

$$F_{el} = P = \text{em equilíbrio}$$
$$k \cdot x = m \cdot g$$
$$k = \frac{m \cdot g}{x}$$
$$k = \frac{0,07 \cdot 10}{0,16}$$
$$k = \frac{0,7}{0,16} \rightarrow 4,375 \text{ N/m}$$

Fonte: Arquivo da pesquisa

- d) Utilizando um cronômetro, determine o tempo t para a massa realizar 10 oscilações completas.

Figura 7.8: Resposta do estudante A

Handwritten student work for Figure 7.8:

$$t = 8 \text{ segundos.}$$

Fonte: Arquivo da pesquisa

- e) Conhecendo o tempo para 10 oscilações, determine o período T do sistema massa-mola.

Figura 7.9: Resposta do estudante A

Handwritten student work for Figure 7.9:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{8}{10} = 0,80$$

Fonte: Arquivo da pesquisa

- f) Conhecendo o período T e a equação $T = 2\pi(m/k)^{1/2}$, determine a constante elástica k da mola.

Figura 7.10: Resposta do estudante A

$$T^2 = \frac{4\pi^2 \cdot m}{k}$$

$$k = \frac{4\pi^2 \cdot m}{T^2}$$

$$k = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,07}{0,8^2}$$

$$k = \frac{4 \cdot 9,8596 \cdot 0,07}{0,64}$$

$$k = \frac{2,7606}{0,64} \rightarrow k = 4,31 \text{ N/m}$$

Fonte: Arquivo da pesquisa

Por fim nessa proposta, foi feito o cálculo para verificar a veracidade do valor da constante elástica da mola helicoidal. Com os valores da massa do sistema (massa da esfera mais a massa da mola helicoidal), considerando o valor de g igual a 10 m/s^2 , a deformação elástica da mola e identificando o período de uma oscilação e utilizando as seguintes equações:

$$k \cdot x = m \cdot g \text{ e } T^2 \cdot k = 4 \cdot \pi^2 \cdot m$$

em que

$$k \cdot 0,16 = 0,07 \cdot 10 \text{ e } 0,8^2 \cdot k = 4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,07$$

$$k = 4,37 \text{ N/m e } k = 4,31 \text{ N/m}$$

Isso implica em um erro de $0,06 \text{ N/m}$ do valor da constante elástica da mola entre as duas equações. Vale salientar que o cálculo do tempo foi feito com um cronômetro digital e consideramos o valor de 10 oscilações igual a 8 segundos aproximadamente. Dividimos esse tempo por 10, o que determinou para o período o valor de $0,8 \text{ s}$.

7.2.1. ANÁLISE GRÁFICA DO SISTEMA MASSA MOLA

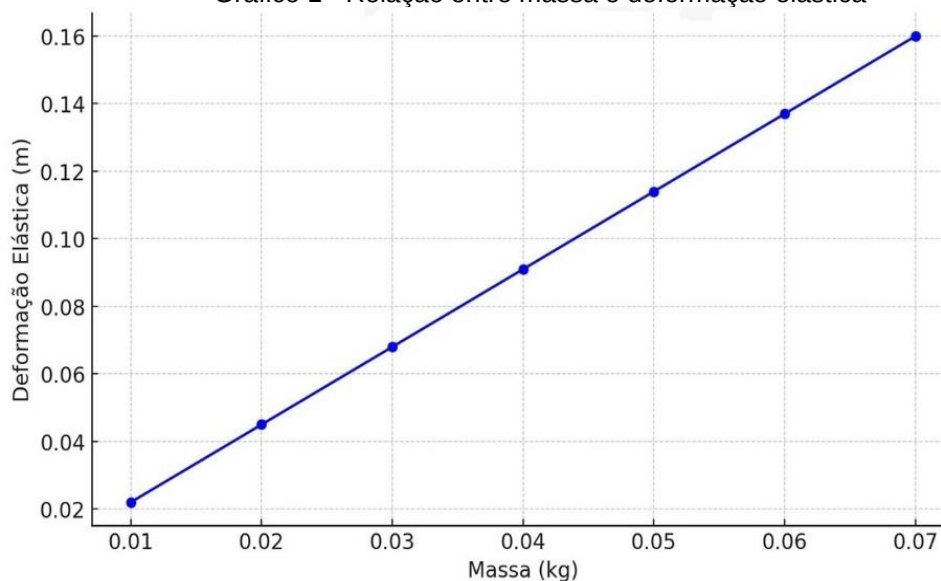
Começando pela equação $k \cdot x = m \cdot g$, fizemos uma análise gráfica considerando a constante k , que foi calculada na letra c do questionário 1, chegamos aos valores da Tabela 3.

Tabela 3 – Relação entre massa e deformação elástica

Massa (kg)	Deformação elástica (m)
0,010	0,022
0,020	0,045
0,030	0,068
0,040	0,091
0,050	0,114
0,060	0,137
0,070	0,160

Fonte: Autoria própria

Gráfico 1 - Relação entre massa e deformação elástica



Fonte: Autoria própria

7.2.2 DISCUSSÃO DA SEGUNDA ETAPA

Nessa discussão verifica o problema que alguns alunos tiveram em responder o questionário. Uns por desmotivação e dificuldades com operações matemáticas. Mesmo fazendo essa atividade prática foi identificado essas situações no início na abordagem experimental.

No tocante a prática experimental pode ser observada na interação com os alunos que tiveram envolvidos a identificação da representação enativa, fase de desenvolvimento cognitivo defendida por Bruner, no instante que os alunos interagem com o instrumento de apoio instrucional, em sua montagem e manuseio desse material.

7.3 TERCEIRA ETAPA – AULA 07

A proposta experimental 2, que consiste no pêndulo simples, foi elaborada nesta aula. Com a colaboração dos alunos, montamos o pêndulo simples seguindo os procedimentos abaixo.

O comprimento do fio do pêndulo foi ajustado de modo que a medida fosse tomada da ponta da linha até o centro de massa da esfera. O comprimento do fio medido foi de 28 centímetros. Em seguida, converteu a medida para metros, resultando em 0,28 metros.

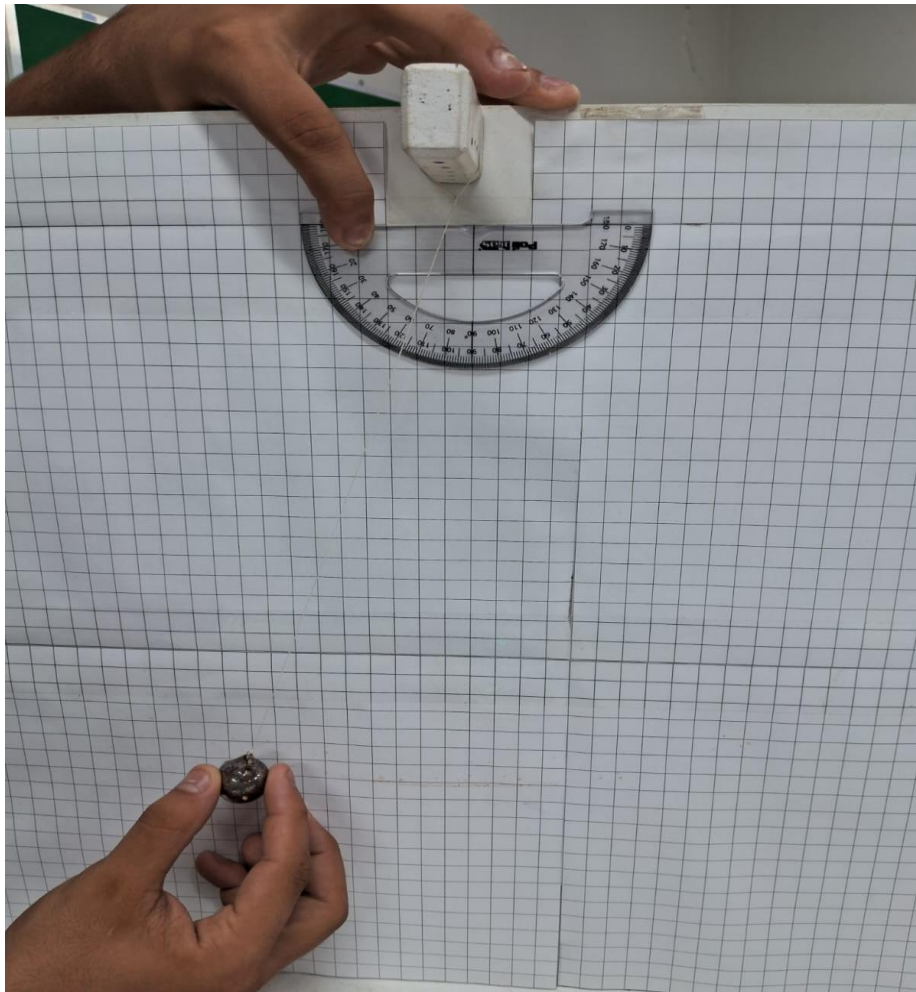
Figura 7.11: Ajuste do comprimento do fio



Fonte: Arquivo da pesquisa

Deslocamento da esfera da posição de equilíbrio, até um ângulo θ , considerando que esse ângulo tenha um valor estabelecido máximo de 15° . A medição desse ângulo foi feita com um transferidor (figura 7.12)

Figura 7.12: Medindo o ângulo de inclinação



Fonte: Arquivo da pesquisa

Depois de ter deslocado a esfera e marcado uma posição inicial de lançamento, a esfera foi liberada e com o cronômetro registrado o tempo em 10 oscilações. O tempo marcado foi de 10,7 segundos aproximadamente.

Foi feito a média e o erro padrão do tempo, obtendo o valor médio de 1,07 segundos aproximadamente para o período. Após os procedimentos acima, foi aplicado o questionário da segunda proposta experimental que é o pêndulo simples.

QUESTIONÁRIO 02

1ª) QUESTÃO: Qual o valor da aceleração da gravidade no laboratório de Física da Escola Estadual Professor Abel Freire Coelho? Utilize a equação $T = 2\pi\sqrt{\ell/g}$.

Figura 7.13: Resposta do estudante B

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2}$$

$$g = \frac{0,28 \cdot 4 \cdot 3,14^2}{1,07^2}$$

$$g = \frac{1,12 \cdot 9,85}{1,14}$$

$$g = \frac{11,03}{1,14}$$

$$g \approx 9,67 \text{ m/s}^2$$

Fonte: Arquivo da pesquisa

2ª) QUESTÃO: Comparando o valor encontrado da aceleração da gravidade no local com o valor da aceleração da gravidade na literatura científica, qual foi o desvio percentual entre os dois valores?

Figura 7.14: Resposta do estudante B

Considerando que a literatura científica considera o valor de g , ao nível do mar, aproximadamente 10 m/s^2 . Temos:

$$10 \text{ m/s}^2 - 9,67 = 0,33$$

$$10 \text{ m/s}^2 \text{ --- } 100\%$$

$$0,33 \text{ m/s}^2 \text{ --- } X\%$$

$$10X = 0,33 \cdot 100$$

$$X = \frac{0,33 \cdot 100}{10}$$

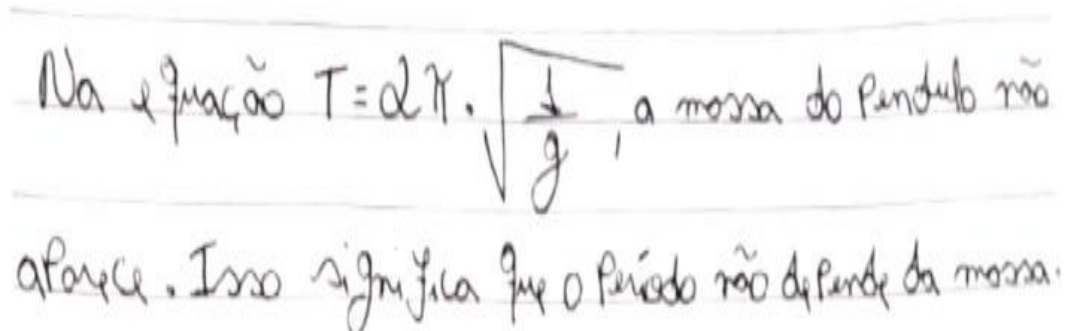
$$X = 0,33 \cdot 10$$

$$X = 3,3\%$$

Fonte: Arquivo da pesquisa

3ª) QUESTÃO: Faça um comentário sobre a variação do período com a massa do pêndulo. Existe uma dependência de um com o outro? Justifique.

Figura 7.15: Resposta do estudante B

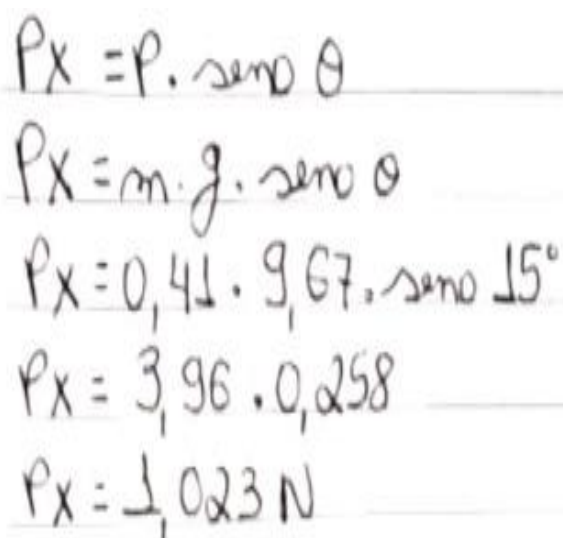


Na equação $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$, a massa do pêndulo não aparece. Isso significa que o período não depende da massa.

Fonte: Arquivo da pesquisa

4ª) QUESTÃO: Determine o valor de P_x . Considere o seno de 15° igual a 0,258. Como essa proposta experimental foi realizada no laboratório de Física da Escola Estadual Professor Abel Freire Coelho, utilizamos o valor da gravidade $9,67 \text{ m/s}^2$, valor este que foi calculado na questão 1 deste questionário.

Figura 7.16: Resposta do estudante B


$$\begin{aligned} P_x &= P \cdot \text{seno } \theta \\ P_x &= m \cdot g \cdot \text{seno } \theta \\ P_x &= 0,41 \cdot 9,67 \cdot \text{seno } 15^\circ \\ P_x &= 3,96 \cdot 0,258 \\ P_x &= 1,023 \text{ N} \end{aligned}$$

Fonte: Arquivo da pesquisa

5ª) QUESTÃO: Determine o valor da tração T no ponto onde a inclinação é de 15° em relação ao eixo vertical do plano do produto educacional. Considere o cosseno de 15° igual a 0,965 e que a $T = P_y = P \cdot \cos 15^\circ$.

Figura 7.17: Resposta do estudante B

Na inclinação de 15° , temos:

$$T = P_y$$

$$T = P \cdot \cos 15^\circ$$

$$T = m \cdot g \cdot \cos 15^\circ$$

$$T = 0,41 \cdot 9,67 \cdot 0,965$$

$$T = 3,96 \cdot 0,965$$

$$T = 3,82 \text{ N}$$

Fonte: Arquivo da pesquisa

7.3.1 ANÁLISE GRÁFICA DO PÊNDULO SIMPLES

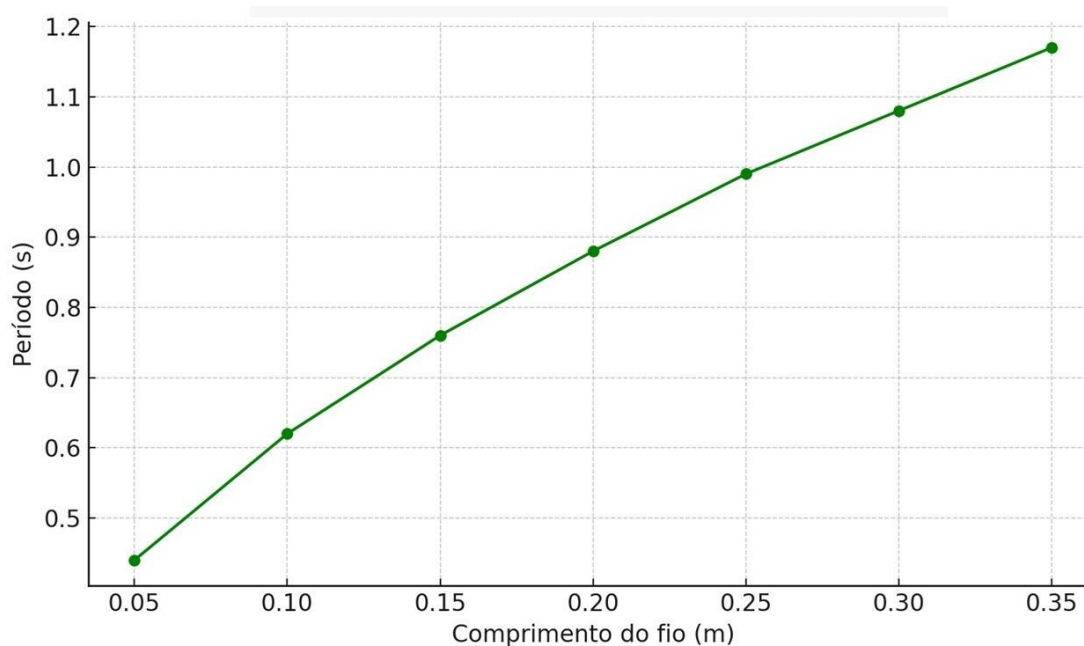
Com as respostas do questionário 2 e seguindo a equação $T = 2\pi\sqrt{\ell/g}$, formatamos os resultados abaixo na tabela 4 e fizemos o gráfico 2.

Tabela 4 – Relação entre comprimento e período

Comprimento do fio (m)	Período (s)
0,05	0,44
0,10	0,62
0,15	0,76
0,20	0,88
0,25	0,99
0,30	1,08
0,35	1,17

Fonte: Autoria própria

Gráfico 2 – Relação entre comprimento e período



Fonte: Autoria própria

7.3.2 DISCUSSÃO DA TERCEIRA ETAPA

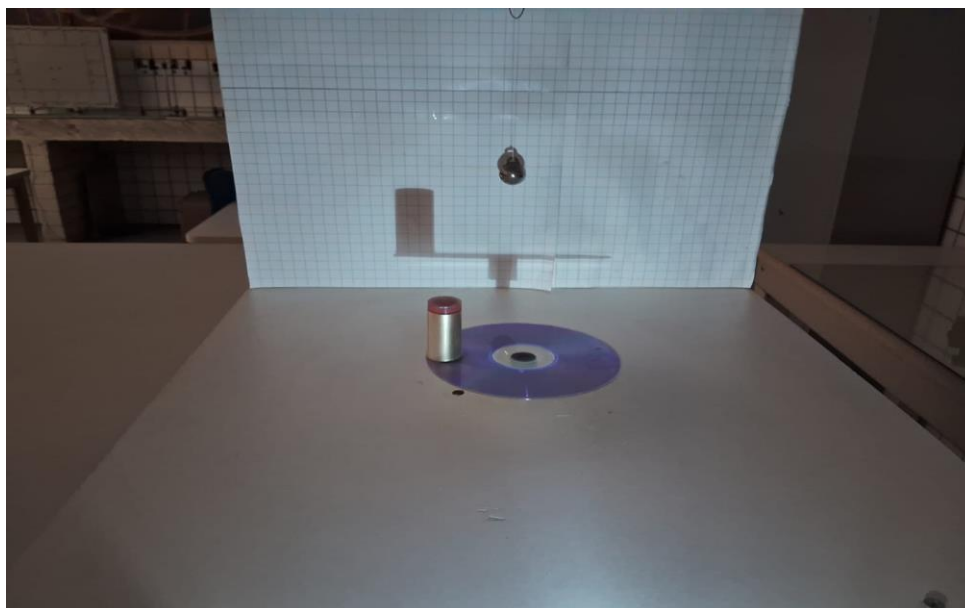
Nessa etapa se percebe que alguns alunos não sabiam fazer medição e usar equipamentos de medidas. Outra vez percebe-se a falta de conhecimento em fazer contas matemáticas, relacionando as equações com as grandezas físicas.

A caracterização da teoria educacional de Bruner se torna evidente no instante que os alunos conseguem, quando na visualização dos objetos do instrumento de apoio instrucional, e por meio da linguagem construir conceitos e compartilhar ideias.

7.4 QUARTA ETAPA – AULA 08

Nesta quarta etapa a proposta é identificar o Movimento Harmônico Simples no movimento da sombra do pino, que é projetado na parede do produto educacional. Para isso, utilizamos uma pequena lanterna que será a fonte luminosa. Em seguida, liga-se o motor para fazer girar o disco. Utilizamos duas pilhas de 3V cada, fazendo uma diferença de potencial de 6V para funcionar o motor (figura 7.18).

Figura 7.18: MHS no movimento da sombra



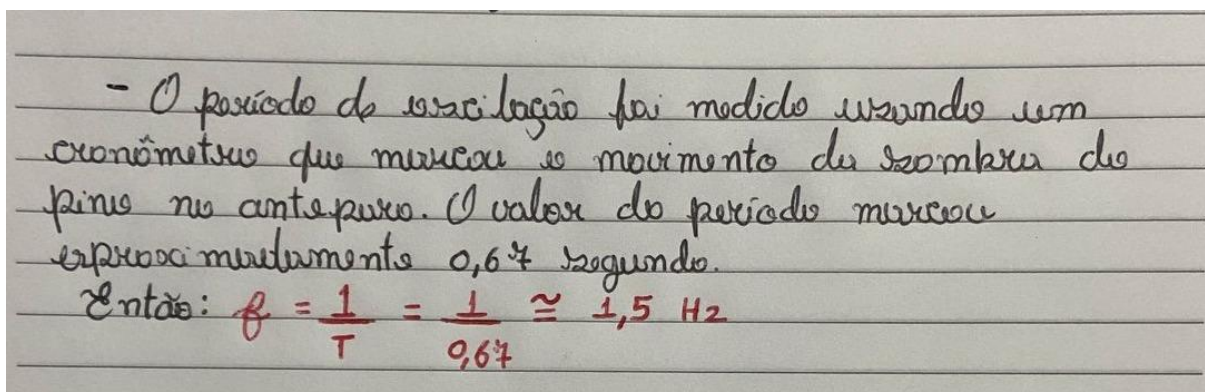
Fonte: Arquivo da pesquisa

A partir da identificação do Movimento Harmônico Simples, fazemos a aplicação das equações que fundamentam esse tipo de movimento, com a resolução do questionário 03 a seguir.

QUESTIONÁRIO 03

1ª) QUESTÃO: QUAIS OS VALORES DO PERÍODO E DA FREQUÊNCIA NO MHS ESTUDADO DO MHS DA SOMBRA DO PINO?

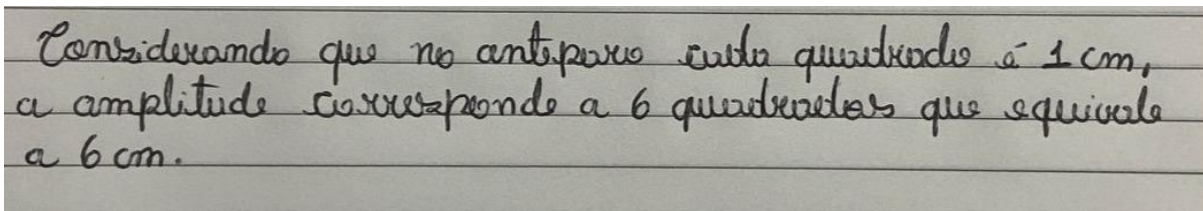
Figura 7.19: Resposta do estudante C



Fonte: Arquivo da pesquisa

2ª) QUESTÃO: QUAL O VALOR DA AMPLITUDE DO MHS DA SOMBRA DO PINO?

Figura 7.20: Resposta do estudante C



Considerando que no anteparo cada quadrado é 1 cm, a amplitude corresponde a 6 quadrados que equivale a 6 cm.

Fonte: Arquivo da pesquisa

7.4.1 DISCUSSÃO DA QUARTA ETAPA

Nesse momento percebe-se que tem alunos com dificuldade de documentar os resultados do questionário no instrumento de apoio instrucional. Aparece aqui o problema de escrever aquilo que estavam observando na sombra que foi projetada no anteparo.

Obstante a que Bruner (1966) defende em sua teoria, nessa interação prática é visto que através da linguagem deles e aptidão para resolver desafios usando o raciocínio abstrato, descreve as representações icônica e simbólica de Bruner.

Conforme Moreira relata em seu livro Teoria de Aprendizagem (MOREIRA, 1999, p. 83-84), “Bruner distingue três modos de representação do mundo pelos quais passa o indivíduo”. Esses modos são identificados como representação ativa, icônica e simbólica.

Nesse contexto é que abordamos as discussões acima, onde essas representações fazem uma ponte do conteúdo de MHS com o material de apoio instrucional.

7.5 RESULTADOS

As três propostas experimentais descritas aqui, nas etapas 2, 3 e 4, foram realizadas com a participação dos estudantes das turmas citadas no início do capítulo sete. Evidente que nos dias de aplicação nem todos esses estudantes participaram dessas atividades, alguns faltaram, mas em sua maioria tivemos o envolvimento e o engajamento da maioria dos presentes. Alguns eram mais interessados em interagir na montagem e realização das propostas experimentais bem como na resolução dos

questionamentos. Outros eram mais tímidos e retraídos quanto ao envolvimento e participação nas atividades dos experimentos.

Na aplicação desse material de apoio educacional observamos o desenvolvimento natural dos processos de aprendizagem de Bruner (1966). Quando por meio da ação dos estudantes de manipular de forma direta os objetos, caracteriza a representação ativa. Quando os estudantes observaram os movimentos do pêndulo, do sistema massa mola e da sombra do movimento do pino no anteparo, pode-se de forma satisfatória identificar a forma icônica da aprendizagem de Bruner (1966). Por último, a representação simbólica se evidencia quando os estudantes se envolvem nas atividades com cálculos, na linguagem matemática.

Diante das várias respostas colocadas pelos estudantes nas perguntas dos questionários, optou-se pela escolha de três desses para colocar aqui neste material; foi observado que a maioria dos estudantes presentes seguiram as respostas definidas por aqueles denominados de A, B e C, anteriormente, e mesmo que não fossem iguais as apresentadas, estas tinham uma relação contextual com as respostas selecionadas. Alguns responderam as questões sem contexto ou lógica do assunto, mas já se esperava que houvesse equívocos, de modo que nas discussões desses equívocos se pode também leva-los a pensar e a fazer parte da construção das ideias e conceitos relacionados a oscilações.

Na segunda etapa, que correspondeu à proposta experimental 1, os alunos foram incentivados a interagir primeiramente com ferramentas de medição, como balança e régua, a fim de identificar quais grandezas estavam mensurando e a determinar o uso adequado desses instrumentos. Isso pode permitir que os alunos também distingam massa de peso, conceitos que costumam ser confundidos.

Com relação ao primeiro questionário, é importante destacar que os estudantes tiveram dificuldade de relacionar, no equilíbrio, a força elástica e a força peso. Porém, o trabalho e participação coletiva deles permitiu-lhes não somente essa relação, mas também o conceito de constante elástica.

Na terceira etapa que compreendeu a aula 7 os estudantes interagiram na construção do pêndulo simples. Houve perguntas como: "Qual o tamanho ideal do fio?" Qual a massa conveniente da esfera? Por que o ângulo de inclinação era de 15 graus?

O objetivo era levá-los a investigar que os valores das grandezas comprimento do fio e massa da esfera eram importantes para determinar um valor da aceleração da gravidade mais próximo de 10 m/s^2 .

Já o valor de 15 graus na inclinação do pêndulo levaria a analisar que esse seria um valor de inclinação mais próximo do desejado, haja vista que tal fato na discussão dessa inclinação levou a identificação de uma força de resistência (devido a interação do corpo com o ar) que poderia alterar o resultado do período de oscilação.

Importante destacar na questão 2, do questionário 2 da terceira etapa, que a análise do erro percentual leva os estudantes a pensar que na atividade do pêndulo podemos achar valores da aceleração da gravidade variáveis, mas próximos ao valor de 10 m/s^2 , e que esses valores são aceitáveis dentro de uma margem mínima de erro.

Na quarta etapa, que correspondeu à aula 8, os estudantes foram levados a observar o movimento da sombra do pino no anteparo. Nessa observação, eles puderam identificar grandezas físicas como o período de oscilação do MHS do pino, a amplitude da oscilação e a partir dessas grandezas fazer uma correlação com as equações matemáticas de elongação, velocidade e aceleração do MHS de um corpo.

Poderíamos acrescentar uma análise mais elaborada através da construção e análise de gráficos e tabelas. Essa importante discussão, porém, não aconteceu nesses momentos, assim como aquela relacionada aos fundamentos do princípio de conservação da energia mecânica (trabalho, energia cinética e potencial elástica/gravitacional). Como isso reconhecemos que essas temáticas deveriam estar presentes nestes resultados.

8 CONCLUSÕES

A teoria educacional de Jerome Bruner (1960), fundamentada na aprendizagem pela descoberta, representação em espiral e transição dos conceitos do modelo enativo para o modelo icônico e, principalmente, para o simbólico, pode proporcionar um sólido suporte para o ensino de conceitos complexos, como o movimento harmônico simples, no ensino médio. Ao adotar os princípios educacionais de Bruner no ensino de Física, é viável tornar o aprendizado dos alunos mais relevante, permitindo que não apenas decorem as fórmulas, mas também entendam os fenômenos físicos.

Nesse contexto, o Movimento Harmônico Simples aplicado a essa proposta possibilita que o aluno aprenda por meio de experiências práticas, desde a utilização de um pêndulo até um sistema de massas com molas, passando pela interpretação de gráficos e diagramas, até alcançar o domínio das equações que descrevem o movimento. Nesse modelo de ensino, o aluno acompanha seu próprio ritmo cognitivo e é incentivado a cultivar o pensamento crítico e investigativo. Esses aspectos são característicos de uma proposta de aprendizagem baseada na teoria de Bruner (1960), que se apoia na experimentação, visualização e abstração gradual dos conceitos.

Assim, ao integrar esse referencial nas práticas pedagógicas, o ensino de MHS deixa de ser uma apresentação abstrata de fórmulas e se transforma em uma experiência de descoberta ativa e contextualizada, que está em sintonia com as habilidades e interesses reais dos alunos. Essa metodologia não só facilita a assimilação do conteúdo, como também auxilia no desenvolvimento de habilidades científicas fundamentais para a formação de cidadãos no século XXI como a investigação e experimentação, a representação e interpretação de dados, a modelagem científica e o pensamento crítico e analítico.

O estudo enfatizou as aulas práticas do componente de Física, com foco na aprendizagem dos alunos a respeito dos conceitos que fundamentam e descrevem o Movimento Harmônico Simples. As aulas foram ministradas em duas turmas do segundo ano do Ensino Médio. Durante as atividades experimentais, notou-se a interação dos alunos das duas turmas, evidenciada pela participação voluntária de vários estudantes na preparação e execução das tarefas avaliativas do processo.

Para atingir os objetivos contidos no material de apoio instrucional (produto educacional) descrito neste documento, utilizou-se o modelo educacional proposto por Jerome Seymour Bruner, que se fundamenta na noção de que a aprendizagem é um processo ativo em que os estudantes constroem conhecimento de maneira progressiva.

Portando o objetivo geral da proposta foi alcançado ao demonstrar que é possível ensinar conceitos complexos de Movimento Harmônico Simples no Ensino Médio com o apoio de um material acessível, estruturado em atividades práticas e fundamentado em uma teoria de aprendizagem que valoriza a descoberta e o protagonismo do estudante.

É válido lembrar que Bruner (1969) destaca a relevância da descoberta e da organização do ensino como meios para facilitar o processo de aprendizagem. Nesse sentido implementação desse modelo contribui para um ensino mais interativo, incentivando o pensamento crítico e a independência dos alunos.

Com base no que foi exposto, os estudantes começaram a interagir com o produto educacional na formação dos conceitos, assumindo o papel principal no processo de aprendizagem e conectando os conceitos aprendidos a um Movimento Harmônico Simples em sua rotina.

Dentro das discussões levantadas nas propostas experimentais no produto educacional, os estudantes puderam identificar situações que mostram a relevância sobre o que estava sendo estudado em um MHS. No caso do oscilador massa mola, os estudantes puderam identificar que o mesmo pode ser usado no estudo de vibrações de prédios, pontes e máquinas, bem como no estudo de abalos sísmicos.

Já no estudo do pêndulo simples os estudantes identificaram que com o mesmo é possível identificar o valor da aceleração da gravidade local, bem como que o pêndulo serve para determinar a estabilidade e a orientação de veículos.

No movimento circular do disco, os estudantes puderam caracterizar as equações do Movimento Harmônico Simples, pelo movimento da sombra do pino no anteparo do produto educacional, que são as equações da posição, velocidade e aceleração no MHS.

É fundamental que o docente cumpra todas as etapas dessas três propostas experimentais para alcançar os objetivos estabelecidos no processo de ensino-aprendizagem deste conteúdo do componente curricular da Física. Além disso, espera-se que este estudo possa auxiliar na prática pedagógica dos docentes de

Física, além de oferecer sugestões para a criação de novas propostas, especialmente aquelas relacionadas ao estudo das oscilações.

Em conclusão, enfatizamos que o produto educacional apresentado não é um produto finalizado, mas uma ferramenta destinada a ajudar os professores a desenvolver a aprendizagem de Oscilações. Os educadores podem usar esse recurso para enriquecer suas aulas de Física, tornando-as mais envolventes, motivadoras e acessíveis para os alunos. Nesse contexto, ajustes podem ser feitos tanto para atender às necessidades específicas de cada escola quanto para aprimorar tecnologicamente esse material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M. S. T.; 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. 176, jun, 2003.

BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari K. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora, 1994.

BRASIL^a. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. 2017. Disponível em <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>>. Acesso em: junho de 2025.

BRASIL^b. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais Para O Ensino Médio nº parecer CNE/CEB nº 5/2011, de 4 de janeiro de 2011. Brasília: MEC/SEB/DICIEI, 2013.

BRUNER, J. *O Processo de Educação*. Cambridge: Harvard University Press, 1960.

BRUNER, J. *Rumo a uma Teoria da Instrução*. Cambridge: Harvard University Press, 1966.

BRUNER, Jerome. *Uma nova teoria de aprendizagem*. Rio de Janeiro: Editora Bloch, 1969.

BRUNER, J. *O processo da educação*. São Paulo, Nacional, 1973.

BRUNER, Jerome S. *The Process of Education: Revised Edition*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1976.

CUZINATTO, R. R.; MORAIS, E. M.; SOUZA, C. N. Ensino de grandezas e unidades a partir de uma abordagem histórico-filosófica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 3, p. 3306, 2014.

FRENCH, A. P. *Newtonian Mechanics*. New York: W. W. Norton & Company, 1971.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica*. v. 2, 9 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023.

LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação, 2023. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/642419/LDB_7ed.pdf>. Acesso em: junho de 2025.

LEFRANÇOIS, Guy R. *Psychological theories and human learning*. 2. ed. Belmont (CA): Brooks/Cole, 1982.

MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 1999.

PEREIRA, Maria Clara. *Metodologias inovadoras no ensino de Física: autonomia e criatividade em sala de aula*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Ativa, 2021.

ROLDÃO, M. C. *O Pensamento Concreto da Criança: uma Perspectiva a Questionar no Currículo*. Lisboa: IIE, 1994.

SED (RO). Caderno de Orientações Pedagógicas: Espanhol – Ensino Fundamental. Porto Velho: SEDUC-RO, 2022. Disponível em: <https://rondonia.ro.gov.br/seduc/dados-abertos/gestaoeducacional/orientacoes-pedagogicas/>. Acesso em: dezembro de 2024.

SILVA, A. H.; GOMES, L. C. *A teoria de aprendizagem de Bruner e o ensino de ciências*. Arquivos do MUDI, v 21, n 03, p. 13-24, 2017.

SILVA, João. *Metodologias ativas no ensino de Física: teoria e prática*. São Paulo: Editora Educação Moderna, 2020.

THIOLLENT, M. J. M. *Metodologia da Pesquisa-Ação*. São Paulo: Cortez, 2008.

YOUNG, H. D; FREEDMAN, R. A. FÍSICA II: TERMODINÂMICA E ONDAS. 14.ed.
São Paulo: Pearson, 2016.

APÊNDICE - PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO – UFERSA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
PÓLO DE MOSSORÓ – RN

PRODUTO EDUCACIONAL

USO DE EQUIPAMENTO CONSTRUÍDO COM MATERIAL DE VALOR
ACESSÍVEL PARA O ENSINO DOS CONCEITOS RELACIONADOS AO
MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

ALDERI BATISTA PEREIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. HIDALYN THEODORY C. M. DE SOUZA

MOSSORÓ

2025

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
1 OBJETIVOS E COMPETÊNCIAS	5
2 O PRODUTO EDUCACIONAL	6
2.1. EQUIPAMENTO EXPERIMENTAL: MHS.....	6
2.2. PROCESSO DE MONTAGEM	8
3 PLANO DE AULAS	8
3.1. PRIMEIRA ETAPA	9
3.2. SEGUNDA ETAPA.....	9
3.3. TERCEIRA ETAPA.....	12
3.4. QUARTA ETAPA.....	14
4 CONCLUSÕES/PERSPECTIVAS.....	15
REFERÊNCIAS.....	16

APRESENTAÇÃO

No artigo Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades, Araújo e Abib (2003) propõem uma reflexão essencial sobre o papel das atividades experimentais no processo de ensino-aprendizagem da Física.

Um dos pontos centrais do texto é a crítica à utilização meramente ilustrativa dos experimentos, o que tende a limitar a autonomia e o raciocínio crítico dos alunos. Araújo e Abib (2003) argumentam que, quando bem planejadas, as atividades experimentais podem favorecer o desenvolvimento de habilidades investigativas, a construção do conhecimento e a compreensão mais profunda dos conceitos físicos. Essa visão está alinhada com propostas construtivistas, nas quais o aluno é protagonista no processo de aprendizagem. É exatamente essa concepção que o produto educacional busca alcançar.

Este material de apoio instrucional possibilita trabalhar o Movimento Harmônico Simples (MHS) com o auxílio de um equipamento construído a partir de materiais que têm fácil aquisição e valor acessível no mercado. Com ele, propõe-se a ideia de sequências instrucionais que possibilitem ao professor a desenvolver aulas mais motivantes, despertando o interesse e curiosidade de seus educandos. Para fundamentar essa abordagem, são apresentados componentes que favorecem a aprendizagem, integrados ao desenvolvimento da sequência didática descrita neste produto educacional.

Em relação ao componente de Física mais em específico ao tema, esse compreende desde o estudo de movimentos periódicos, percorrendo pelas interpretações por equações matemáticas que estudam as características das oscilações até a montagem do kit experimental para a observação dos movimentos harmônicos simples. Em sequência, importa destacar que esta etapa de ensino consiste em quatro momentos, onde teremos oito aulas de 50 minutos cada, em que o foco principal é aplicar aulas práticas com experimentos que conduzam a aprendizagem dos estudantes.

A sequência metodológica de ensino desta proposta tem como principais receptores turmas de segunda série do Ensino Médio. Evidente que não há barreiras para que seja aplicado em outras séries do Ensino Básico. O importante é que haja base de conhecimento dos conceitos essenciais que norteiam a aplicação deste produto. Nesse contexto, a utilização desses requisitos torna-se fundamental para a realização e aproveitamento eficaz do experimento, promovendo uma aprendizagem significativa dos conteúdos que deste possam ser discutidos.

O produto educacional disponível neste registro está no formato de manual, sendo parte integrante do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Sociedade

Brasileira de Física (SBF), do polo 09 ligado à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

1 OBJETIVOS E COMPETÊNCIAS

Objetivo Geral

Descrever o comportamento de sistemas oscilatórios periódicos, analisando suas características físicas e matemáticas, de modo a aplicar esse conhecimento na interpretação de fenômenos naturais e tecnológicos envolvidos no currículo de estudantes do Ensino Médio.

Objetivos Específicos

Com base no conteúdo de Halliday, Resnick e Walker (2023), aqui estão os objetivos específicos de ensino e aprendizagem sobre Movimento Harmônico Simples (MHS).

- Identificar as principais características do MHS, como amplitude, período, frequência e fase;
- Relacionar o MHS com fenômenos físicos reais, como o movimento de um pêndulo ou de uma mola.;
- Aplicar equações matemáticas para descrever o MHS, analisando o comportamento da posição, velocidade e aceleração ao longo do tempo;
- Reconhecer o princípio da conservação da energia no MHS, diferenciando entre energia cinética e potencial durante o movimento;
- Desenvolver experimentos práticos para observar e analisar o MHS, promovendo uma aprendizagem ativa e contextualizada;
- Estabelecer conexões entre o MHS e outras áreas da Física, como ondas e acústica.

2 O PRODUTO EDUCACIONAL

Aqui é proposto um material experimental instrucional que pode ser aplicado numa sequência didática de quatro etapas, sendo a primeira etapa com 04 aulas, a segunda etapa com 02s aulas, a terceira etapa com 01 aula e a quarta etapa 01 uma aula. Cada aula deve compreender um tempo de 50 minutos. Como proposta aqui, informamos que o conteúdo de movimento harmônico simples será ensinado por meio de aulas expositivas e dialogadas, bem como também a realização de atividades experimentais utilizando o equipamento montado nesta proposta de produto educacional.

2.1 EQUIPAMENTO EXPERIMENTAL: MHS

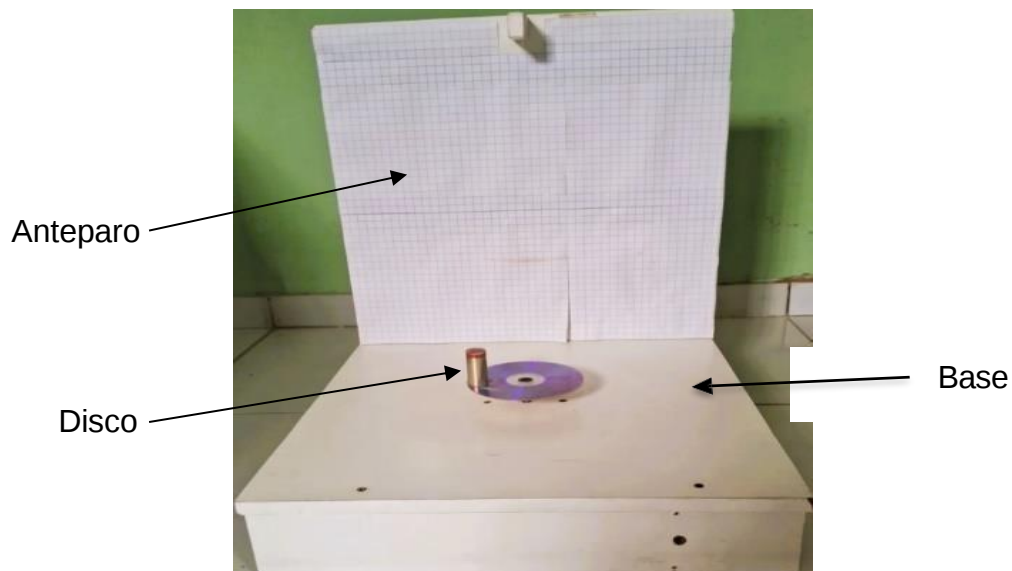
O equipamento experimental aqui descrito é montado utilizando os seguintes materiais (figuras 1, 2 e 3):

- Duas tábuas de compensado $45\text{ cm} \times 45\text{ cm}$;
- Um disco de compensado de 25 cm de diâmetro;
- Um CD;
- Uma tampa de recipiente de batom;
- Cola;
- Motor;
- Sistema (motor, engrenagens, correia e eixo), retirado de uma impressora;
- Uma pilha de $1,5\text{ volts}$;
- Malhas quadriculadas;
- Uma lanterna;
- Uma mola;
- Linha;
- Duas esferas.

Pode ser feito um ajuste nas dimensões do anteparo e base, ou seja, diminuir essas dimensões. Pode ser menor do que as dimensões que foi feito esse equipamento, desde que não interfira no planejamento das atividades propostas aqui.

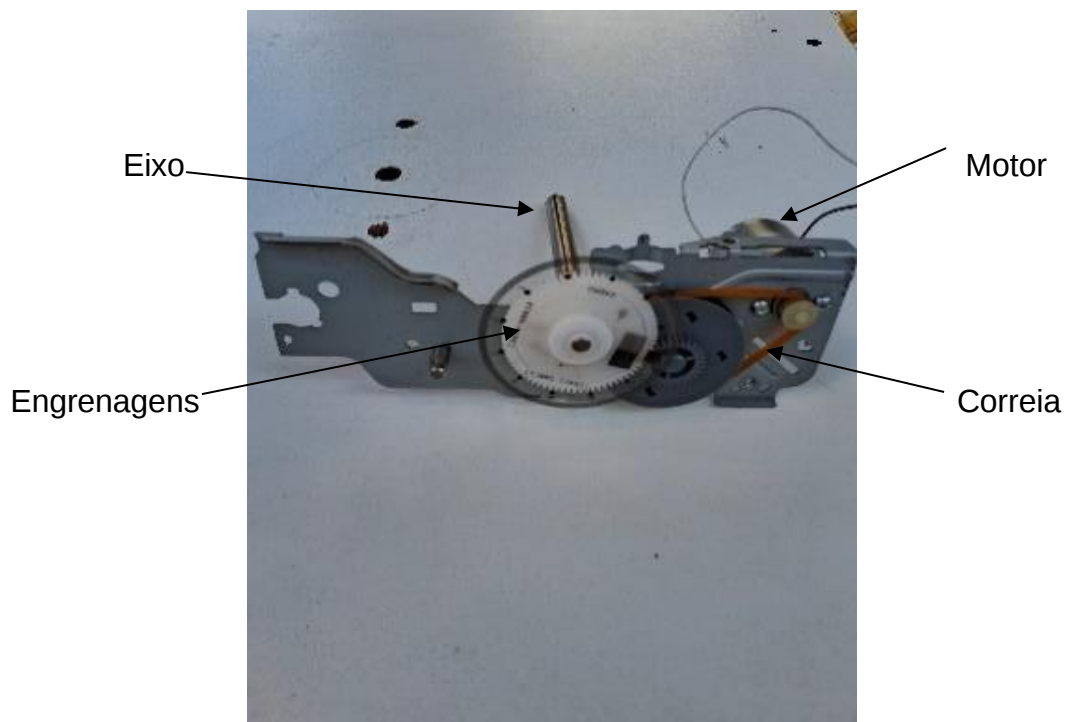
Importante salientar que a mola poderá ser também um arame de caderno, bem como no lugar das esferas utilizar blocos de madeira que podem ser adquiridos em serrarias. O importante é que o professor procure utilizar materiais, a partir desses aqui, que otimize e facilite sua montagem para o estudo do MHS.

Figura 1: Base, anteparo e disco



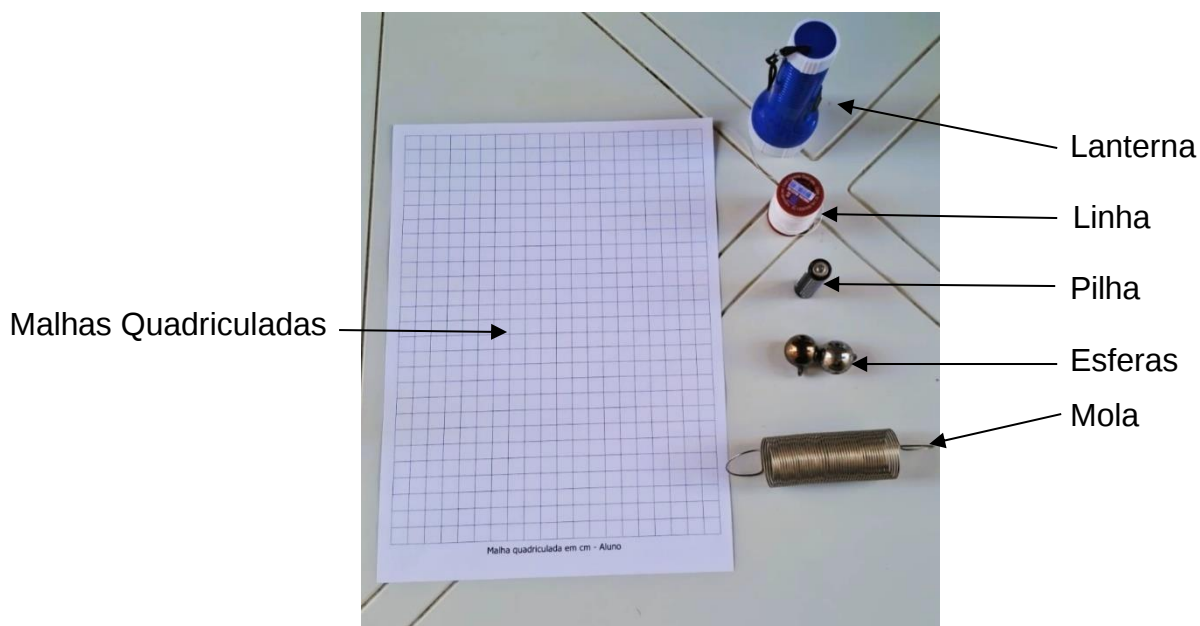
Fonte: Arquivo da pesquisa, 2025.

Figura 2: Sistema (motor, engrenagens, correia e eixo)



Fonte: Arquivo da pesquisa, 2025.

Figura 3: Material utilizado



Fonte: Arquivo da pesquisa, 2025.

2.2 PROCESSO DE MONTAGEM

Primeiro passo: Parafusar o anteparo com a base;

Segundo passo: Colocar o sistema que tem o motor fixo embaixo da base;

Terceiro passo: Colocar o disco (cd/dvd) com o pino (tampa de batom), fixo ao eixo do sistema que foi montado.

Vale salientar que o sistema aqui montado foi retirado de uma impressora sem uso. Porém, é possível realizar a compra de um motor e fazer ajustes que permitam a colocação do disco para estudo do movimento harmônico simples no anteparo. O objetivo aqui é despertar na montagem do equipamento a criatividade dos estudantes, buscando soluções quando não se tenha a possibilidade de adquirir o sistema inserido aqui nesta proposta educacional.

3 PLANO DE AULAS

Podem ser necessárias quatro etapas para um produto como este ser aplicado. Na primeira etapa teremos 04 aulas de 50 minutos cada. Na segunda etapa 02 aulas de 50 minutos cada. Na terceira etapa 01 aula de 50 minutos. E por fim, na quarta etapa, 01 aula de 50 minutos. Esses momentos devem seguir uma ordem lógica racional para que cada etapa seja complementada pela etapa seguinte. Para nortear a sequência de conteúdos necessária a

aplicação do produto sem maiores prejuízos ao ano letivo já em curso, por exemplo, deve ser utilizado o livro didático adotado na instituição aonde o produto educacional será aplicado.

3.1 PRIMEIRA ETAPA

AULAS 01, 02, 03 e 04

Nesta etapa, que compreende quatro aulas de 50 minutos, cada uma será iniciada com a abordagem do conteúdo de Movimento Harmônico Simples, de forma expositiva e dialogada, no espaço da sala de aula. Nesse momento serão apresentados os seguintes temas relacionados ao MHS: período de oscilação, frequência de oscilação, amplitude do movimento, elongação no MHS, velocidade no MHS, aceleração no MHS e energia no MHS.

Na introdução da abordagem do conteúdo sugere-se a aplicação de algumas perguntas que associem o MHS com o cotidiano dos estudantes, em acordo com a realidade e experiência de vida desses. Perguntas como as que se seguem, podem ser usadas como exemplo:

- 1) Vocês já ouviram falar de ou já viram algo que ocorre de tempos em tempos (de período em período)? Que se mova de forma repetitiva (de forma periódica)? Ou que oscile?
- 2) Em quais situações de nosso cotidiano podemos identificar movimentos como esses?

Depois de realizada essa intervenção e registrado as respostas dos estudantes com o conhecimento prévio deles, a exposição do conteúdo deve ser feita com a utilização de projetor ou com o que estiver ao alcance da realidade escolar, apresentando o conceito de movimento harmônico simples, as leis e as equações matemáticas que regem esse tipo de movimento e por fim sua descrição fundamentada nos conceitos que envolvam a energia no MHS.

Destaca-se que nesta etapa de ensino, a proposta tem como base sempre relacionar os temas do movimento harmônico simples com a vida cotidiano do estudante para mostrar a importância e relevância dessa área da Física na vida desses.

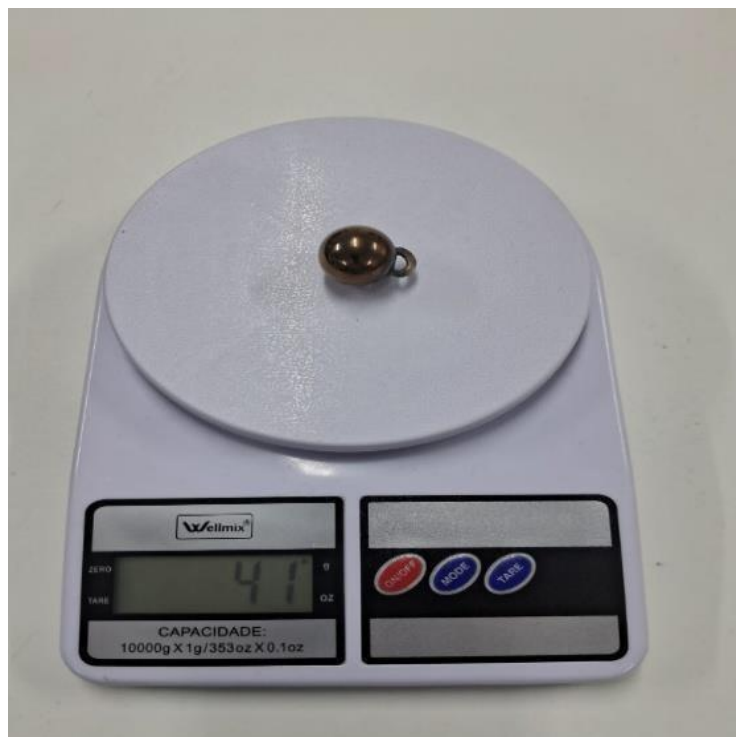
3.2 SEGUNDA ETAPA

AULAS 05 e 06

Esta etapa é realizada no laboratório ou em espaço destinado a realização do experimento. A proposta experimental 1 é a determinação da constante elástica da mola helicoidal de um oscilador tipo massa-mola. Nesta proposta experimental faz-se alguns

procedimentos que serão descritos abaixo. Identificação da massa da esfera e da mola em gramas numa balança e depois a conversão em quilogramas (Figuras 4 e 5).

Figura 4: Medida da massa da esfera



Fonte: Arquivo da pesquisa, 2025.

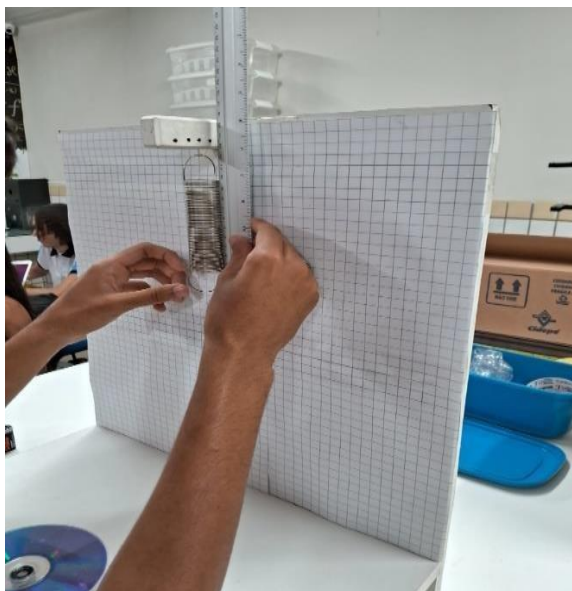
Figura 5: Medida da massa da mola



Fonte: Arquivo da pesquisa, 2025.

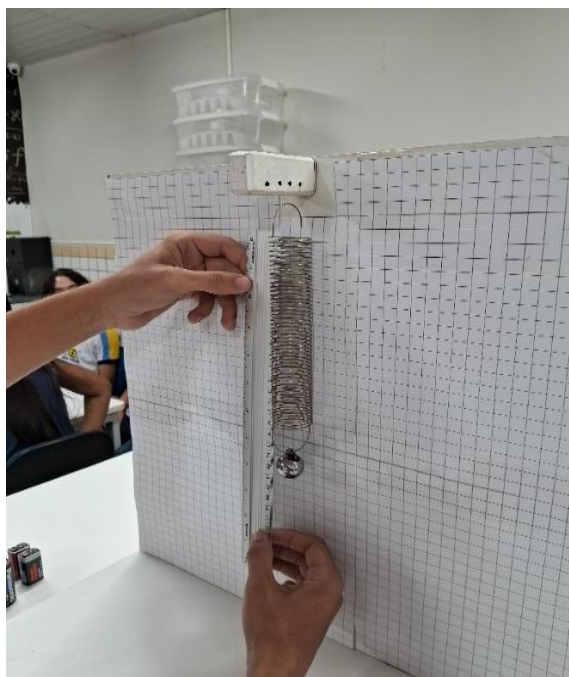
Colocação da mola em repouso e anotação da posição de equilíbrio x_0 (Figura 6) e determinação da deformação da mola (Figura 7).

Figura 6: Anotando a posição de equilíbrio da mola



Fonte: Arquivo da pesquisa, 2025.

Figura 7: Determinando a deformação elástica



Fonte: Arquivo da pesquisa, 2025.

Por fim, faz necessário a construção de uma tabela para o registro organizado dos valores medidos (Tabela 1):

Tabela 1: Dados registrados

Massa da esfera (<i>kg</i>)	Massa da mola helicoidal (<i>kg</i>)	Posição de equilíbrio x_0 (<i>cm</i>)	Amplitude da mola (<i>cm</i>)	Deformação elástica x (<i>cm</i>)

Fonte: Arquivo da pesquisa, 2025.

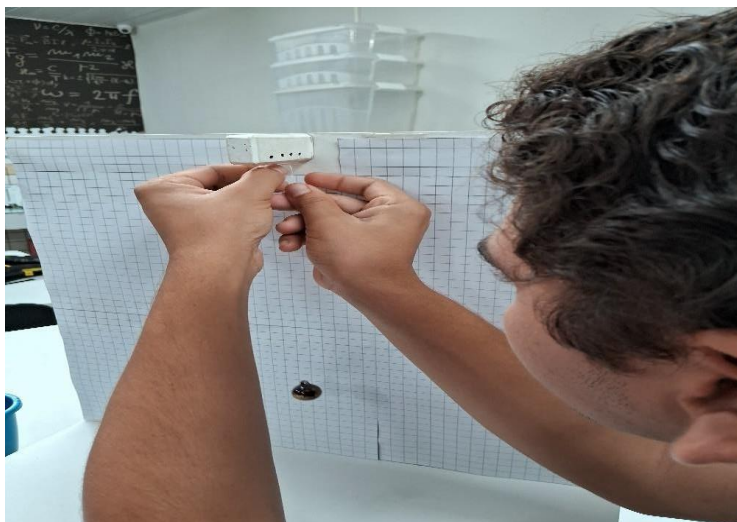
3.3 TERCEIRA ETAPA

AULA 07

Nesta aula deve ser desenvolvido a proposta experimental 2 que é o pêndulo simples (figura 8). Com a participação dos estudantes, faz-se a montagem do pêndulo simples obedecendo os procedimentos a seguir.

Faz-se o ajuste do comprimento do fio do pêndulo de maneira que a medida seja definida a partir da ponta da linha até o centro de massa da esfera. A medida do comprimento do fio deve ser registrada. Se por exemplo, a medida é 28 centímetros, converte-se a mesma para o A unidade de metro, indicando 0,28 metros.

Figura 8: Ajuste do comprimento do fio

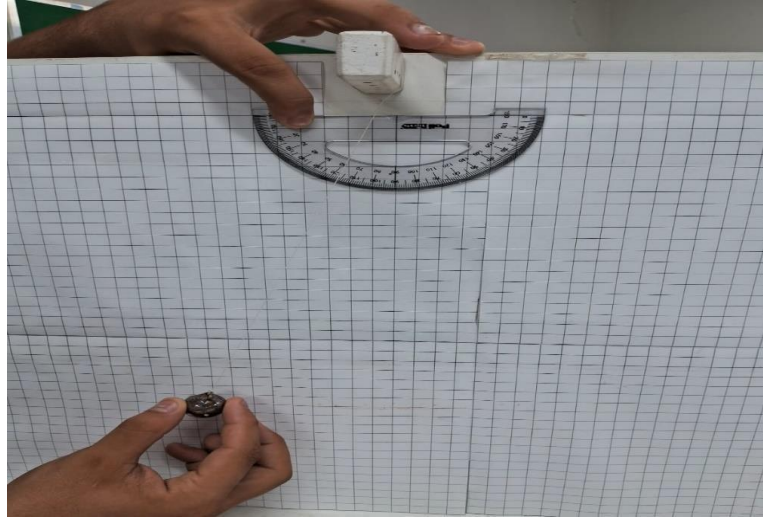


Fonte: Arquivo da pesquisa, 2025.

Desloque a esfera da posição de equilíbrio até um ângulo θ , considerando que esse ângulo tenha um valor estabelecido de no máximo 15° . A medição desse ângulo pode ser feita, por exemplo, com um transferidor (Figura 9). A exigência para que $\theta < 15^\circ$ é meramente devido à simplificação matemática para a análise do movimento; com ângulos pequenos, a

relação entre o deslocamento angular e a força restauradora torna-se linear, o que de fato facilitará o cálculo, a descrição e a interpretação dos resultados do movimento.

Figura 9: Medindo o ângulo de inclinação



Fonte: Arquivo da pesquisa, 2025.

Depois de ter deslocado a esfera e registrado a posição inicial de lançamento (liberação), a esfera deve ser liberada e com o auxílio de um cronômetro, registre o tempo. Faça isso por três vezes (sugestão) e registre em uma tabela.

Calcule a média dos tempos e o desvio padrão σ_t desses tempos em relação à essa média. Isso pode ser feito com o auxílio da expressão

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N d_i^2}$$

em que N é o número de medições, $d_i = |t_i - \bar{t}|$ é o desvio médio da i -ésima medida do tempo, sendo t a média dos tempos, obtida pela expressão

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i = \frac{1}{N} (t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_N) .$$

Essas expressões juntas fornecerão a estimativa para o valor correto do tempo, que deve ser escrita na forma $t = \bar{t} \pm \sigma_t$.

É possível também recorreremos a dispositivos tecnológicos que tem a finalidade de facilitar a visualização e registro de dados. Entre esses, o *Tracker* é um excelente *software freeware* de vídeo-análise de eventos, como o movimento de massas e corpos. Esse *software* viabiliza, entre muitas outras coisas, a construção rápida de gráficos a partir de dados obtidos em vídeos. O *Tracker* examina cada quadro (*frame*) da filmagem por vez em intervalos mínimos de até 0,033s (entre um *frame* e o seguinte). Esse *software* é uma ferramenta que facilita a determinação da posição e instantâneos a partir dos dados coletados, capaz até mesmo de inferir outros parâmetros e equações do movimento.

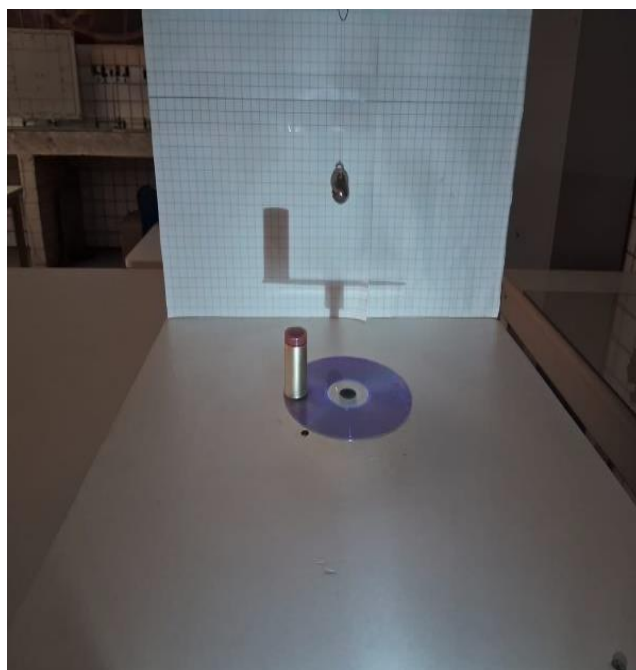
Após os procedimentos acima, pode-se aplicar um novo questionário, propondo problemas relacionados ao experimento do pêndulo simples.

3.4 QUARTA ETAPA

Aula 08

Nesta quarta etapa a proposta é identificar o Movimento Harmônico Simples no movimento da sombra do pino, que é projetado na parede do produto educacional (Figura 10). Para isso, utilizamos uma pequena lanterna que será a fonte luminosa. Em seguida, liga-se o motor para fazer girar o disco. Utiliza-se duas pilhas de 3V cada, fazendo uma diferença de potencial de 6V, suficiente para fazer funcionar o motor.

Figura 10 – MHS na no movimento da sombra



Fonte: Arquivo da pesquisa, 2025.

A partir da identificação do Movimento Harmônico Simples, fazemos a aplicação das equações que fundamentam esse tipo de movimento.

4. CONCLUSÕES/PERSPECTIVAS

Esta proposta mostra um caminho para a montagem de um equipamento com a interação dos alunos, que aborde temas como pêndulo simples, para o estudo do Movimento Harmônico Simples. Em virtude do alto custo de se obter equipamentos de fabricantes, criamos e montamos o projeto com o objetivo de adequar material de valor acessível para realização de experimentos.

Com os materiais indicados e a montagem proposta, é possível construir um equipamento experimental que, apesar de algumas limitações, permite demonstrar de maneira qualitativa o movimento harmônico simples, do nosso ponto de vista, de maneira satisfatória. A escolha de componentes de baixo valor ou reutilizáveis torna o experimento viável em diversos contextos educativos, favorecendo o ensino da física e a compreensão de fenômenos científicos relevantes, presentes no cotidiano dos estudantes.

5 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T.; 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. 176, jun, 2003.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. Volume 2, 12 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023.