



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
PIAUÍ *CAMPUS* PARNAÍBA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

DOUGLAS COSTA DE SOUSA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO AULAS
EXPERIMENTAIS PARA O ESTUDO DE MECÂNICA**

**PARNAÍBA
2025**

DOUGLAS COSTA DE SOUSA

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO AULAS
EXPERIMENTAIS PARA O ESTUDO DE MECÂNICA

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para ob-
tenção do diploma do Curso de Licenciatura
em Física do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Par-
naíba.

Orientador: Prof. Me. Itamar Vieira de
Sousa Júnior

PARNAÍBA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Sousa, Douglas Costa de

S725u Uma proposta de sequência didática utilizando aulas experimentais para o estudo da mecânica / Douglas Costa de Sousa. — Parnaíba, 2025.
100 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) –
Instituto Federal do Piauí, Campus Parnaíba, 2025.

Orientador: Prof. Me. Itamar Vieira de Sousa Júnior.

1.Física. 2.Sequência didática. 3.Mecânica - Estudo. I.Título.

CDD - 530

Elaborado por Micheline Angélica Aragão Gouveia CRB 3/1244

DOUGLAS COSTA DE SOUSA

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO AULAS
EXPERIMENTAIS PARA O ESTUDO DE MECÂNICA

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para ob-
tenção do diploma do Curso de Licenciatura
em Física do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Par-
naíba.

Aprovada em 27/02/2025.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Itamar Vieira de Sousa Júnior (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Alexandro das Chagas de Sousa Nascimento
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Francisco Ronan Viana Araújo
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

PARNAÍBA
2025

Dedico este trabalho ao meu amado filho.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus pelo dom da vida. Quero expressar minha profunda gratidão, em especial, à minha mãe, por ter me educado com tanto amor e por estar sempre ao meu lado, nos momentos bons e também nos mais difíceis. Você nunca desistiu de mim, e tudo o que sou devo a você. Obrigado por acreditar nos meus estudos e por ser meu alicerce em todas as etapas da vida.

Gostaria também de agradecer, em especial, ao meu querido padrasto (*in memoriam*). Gostaria que estivesse aqui para compartilhar comigo essa conquista. Você foi e sempre será essencial em minha vida.

Agradeço, igualmente, às minhas queridas irmãs, a quem tanto amo, por sempre me ajudarem e me incentivarem.

Ao meu querido filho, que amo profundamente: nos dias em que tudo parecia difícil, eu sempre me lembrava de você e sabia que precisava continuar por você. Pretendo ser o seu maior exemplo de vida.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão ao meu orientador, Professor Itamar Vieira, por todo o apoio e orientação ao longo desta trajetória. Agradeço por ter dedicado parte do seu tempo para a realização deste trabalho, sempre oferecendo os melhores conselhos. O senhor me ensinou que devemos buscar nossos sonhos com determinação e jamais desistir deles. Sempre o terei como um exemplo a ser seguido. Durante essa caminhada, aprendi muito — obrigado por me ensinar com paciência, dedicação e por acreditar no meu potencial.

Agradeço sinceramente aos professores Alexandro Nascimento, Marcos Antônio, Maria de Fátima, Diego Prudêncio, Gelson Luiz, Iriane Rosa, Janete César e Lucas Izídio. Sou imensamente grato a cada um de vocês. Pretendo seguir seus ensinamentos e levar para a sala de aula o que aprendi com cada um, tanto para a profissão quanto para a vida. Muito obrigado por tudo.

Agradeço também aos meus amigos Andreia Oliveira, João Lucas, Mário Pinho e Denilson Santos. Vocês foram essenciais nesta jornada. Levarei comigo todos os momentos que compartilhamos. Sem vocês, nada disso teria sido possível. Obrigado por tanto.

À minha namorada, Aline Paiva, por sempre estar ao meu lado, por me compreender nos momentos mais difíceis, por me acalmar quando duvidei de mim mesmo e por sempre acreditar em mim.

Por fim, gostaria de agradecer ao IFPI campus Parnaíba, por sempre ter sido uma excelente instituição de qualidade, e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação. Agradeço de coração.

*"As coisas que não levam a nada
têm grande importância."
Manoel de Barros*

RESUMO

Este trabalho propõe o uso de sequências didáticas como prática pedagógica alternativa para o ensino de Física experimental, com o objetivo de despertar o interesse dos alunos pelas ciências e fomentar novas estratégias de ensino para os professores do ensino básico em escolas que não dispõem de laboratórios experimentais. A proposta é estruturada em duas etapas. A primeira envolve a construção de um aparato experimental composto por um trilho de ar, confeccionado com impressão 3D e materiais de baixo custo, aliado a uma placa Arduino conectada a sensores ópticos para a aquisição de dados e o controle do experimento. A segunda etapa consiste na aplicação da sequência didática, que se divide em duas fases. Na primeira, serão apresentados conteúdos teóricos e a técnica para a construção de mapas conceituais. Em seguida, em aulas subsequentes, os estudantes serão orientados a elaborar mapas conceituais apenas com os conceitos teóricos. Na segunda fase, os alunos realizarão um experimento, em conjunto com o professor, sobre os mesmos conteúdos e, posteriormente, construirão um novo mapa conceitual com base na experiência prática. Espera-se que o uso do protótipo experimental, aliado às sequências didáticas, contribua para tornar o ensino de Física mais dinâmico e significativo, estimulando a curiosidade dos alunos e favorecendo uma aprendizagem mais concreta e significativa.

Palavras-chaves: Arduino; Sequência Didática; Ensino de Física; Experimentação de Baixo Custo.

ABSTRACT

This work proposes the use of didactic sequences as an alternative pedagogical approach for teaching experimental Physics, aiming to spark students' interest in science and foster new teaching strategies for basic education teachers in schools without experimental laboratories. The proposal is structured in two stages. The first involves constructing an experimental apparatus consisting of an air track, made using 3D printing and low-cost materials, combined with an Arduino board connected to optical sensors for data acquisition and experiment control. The second stage consists of applying the didactic sequence, divided into two phases. In the first phase, theoretical content and the technique for constructing concept maps will be introduced. Subsequently, in follow-up lessons, students will be guided to create concept maps using only theoretical concepts. In the second phase, students will conduct an experiment alongside the teacher on the same topics and later develop a new concept map based on the practical experience. It is expected that the use of the experimental prototype, combined with didactic sequences, will help make Physics teaching more dynamic and meaningful, stimulating students' curiosity and promoting a more concrete and significant learning experience.

Keywords: Arduino; Experimentation; Didactic Sequence; Physics Teaching; Low-Cost Experimentation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema da plataforma física do Arduino	19
Figura 2 – IDE do Arduino.	20
Figura 3 – Mapa Conceitual.	21
Figura 4 – Sistema Clássico de Corpos.	25
Figura 5 – Gráfico de Amplitude.	27
Figura 6 – Sistema massa-mola.	28
Figura 7 – Furos no trilho de ar.	31
Figura 8 – Base retangular.	31
Figura 9 – Fixando a base.	31
Figura 10 – Base de apoio.	32
Figura 11 – Base fixada.	32
Figura 12 – Rosca de fixação.	33
Figura 13 – Base de sustentação.	33
Figura 14 – Fixador vertical.	33
Figura 15 – Fixador horizontal.	33
Figura 16 – Aparato Experimental.	34
Figura 17 – Roldana.	35
Figura 18 – Trilho de ar e seus componentes.	35
Figura 19 – Representação Esquemática do circuito.	36
Figura 20 – Sensores adaptados.	37
Figura 21 – Carrinho com grade de espaçamentos.	38
Figura 22 – Encoder óptico linear.	38
Figura 23 – Trilho de ar e demais componentes.	45
Figura 24 – Gráficos da posição versus tempo.	47
Figura 25 – Comparação das medidas.	48
Figura 26 – Posição em função do tempo para o MHS.	49
Figura 27 – Sistema Clássico de Corpos.	77
Figura 28 – Gráfico de Amplitude.	79
Figura 29 – Sistema massa-mola.	80
Figura 30 – Diagrama do aparato experimental.	84
Figura 31 – Trilho de ar e demais componentes.	85
Figura 32 – Sistema massa-mola.	89
Figura 33 – Mola sem deformação.	90
Figura 34 – Expansão da mola.	91
Figura 35 – Mola comprimida.	91
Figura 36 – Diagrama do aparato experimental.	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
DCN's	Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica
IDE	Interface de Desenvolvimento Integrada
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MHS	Movimento Harmônico Simples
PSSC	Physical Science Study Committee
TDIC's	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL	15
2.2	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E A IMPORTÂNCIA DAS AULAS EXPERIMENTAIS	16
2.3	TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TDICS) NO ENSINO DE FÍSICA	17
2.4	A PLATAFORMA ARDUINO	18
2.5	MAPAS CONCEITUAIS	20
3	CONTEÚDO TEÓRICO PARA A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	23
3.1	UMA BREVE REVISÃO SOBRE MECÂNICA	23
3.1.1	Primeira Lei de Newton	23
3.1.2	Segunda Lei de Newton	24
3.1.3	Sistema de Corpos	24
3.1.4	Terceira Lei de Newton	25
3.1.5	Oscilações e movimento periódico	26
3.1.6	Período e Frequência	27
3.1.7	Amplitude	27
3.1.8	Movimento Harmônico Simples	28
3.1.9	Sistemas Amortecidos	28
4	METODOLOGIA	30
4.1	CONSTRUÇÃO DO TRILHO DE AR	30
4.2	SENSORES E PLACA ELETRÔNICA	36
4.3	MEDIÇÃO DA POSIÇÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO	38
4.4	DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	39
4.5	DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA - LEIS DE NEWTON . . .	39
4.5.1	Aula 1	40
4.5.2	Aula 2	40
4.5.3	Aula 3	41
4.5.4	Aula 4	41
4.5.5	Aula 5	42
4.6	DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA - MHS	42
4.6.1	Aula 1	42

4.6.2	Aula 2	43
4.6.3	Aula 3	44
4.6.4	Aula 4	44
4.6.5	Aula 5	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
5.1	Resultados - Leis de Newton	45
5.2	Resultados - Movimento Harmônico Simples	49
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
	REFERÊNCIAS	52
	APÊNDICE A – PLANOS DE AULAS	55
	APÊNDICE B – REFERENCIAL TEÓRICO PARA O PRO- FESSOR	75
B.0.1	Mecânica Clássica	75
B.0.2	Primeira Lei de Newton	75
B.0.3	Segunda Lei de Newton	76
B.0.4	Sistema de Corpos	76
B.0.5	Terceira Lei de Newton	77
B.0.6	Oscilações	78
B.0.7	Movimento Periódico	78
B.0.8	Período e Frequência	79
B.0.9	Amplitude	79
B.0.10	Movimento Harmônico Simples	80
B.0.11	Equação de movimento para o oscilador harmônico	80
B.0.12	Sistemas Amortecidos	81
	APÊNDICE C – ROTEIROS EXPERIMENTAIS	83
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO - AVALIAÇÃO DA ES- TRATÉGIA APLICADA	96
	APÊNDICE E – CÓDIGO UTILIZADO NA PRÁTICA EX- PERIMENTAL - LEIS DE NEWTON	98
	APÊNDICE F – CÓDIGO UTILIZADO NA PRÁTICA EX- PERIMENTAL - MHS	99

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o ensino de Ciências Naturais, em especial o ensino de Física, passa por diversas mudanças, sobretudo no que se refere às novas metodologias de ensino. Entretanto, o ensino tradicional ainda permanece como uma das ferramentas pedagógicas mais utilizadas entre professores. Em geral, esse método se baseia no uso excessivo de linguagem matemática e em exercícios repetitivos, sem aplicações práticas no cotidiano. Para o ensino de Física, é mais importante dar atenção aos conceitos físicos do que às fórmulas. Em cada fórmula existem conceitos importantes; não basta apenas decorar sem antes entender os conceitos que as constituem (Moreira, 2021).

Alternativas existem para modificar esse ambiente, e, entre esses métodos, as práticas experimentais são apontadas como uma das melhores maneiras para atenuar as dificuldades no aprendizado de Ciências (Pereira; Moreira, 2018), seja para a demonstração de fenômenos físicos ou para coleta e análise de dados. O fator crucial para a valorização da prática experimental é a aproximação do aluno com a realidade por meio da comprovação do experimento, onde os conceitos teóricos sobre a física podem ser testados e comprovados de forma visual e significativa.

Diretamente relacionados a esses mecanismos para facilitar o processo de ensino e aprendizagem, encontram-se as novas tecnologias, que são de suma importância, já que vivemos em uma sociedade contemporânea e tecnológica, onde o indivíduo necessita utilizar ferramentas digitais para se manter conectado ao mundo ao seu redor (Silva, 2011). Nesse sentido, novas metodologias estão sendo empregadas, em virtude da evolução tecnológica, que pode ser associada aos métodos de coleta e análise de dados.

Destaca-se também a comunicação como um elemento não somente importante, mas necessário para as sociedades humanas. Com o avanço das tecnologias, a capacidade de comunicação se expandiu ao ponto de qualquer pessoa com acesso à internet poder conversar com alguém do outro lado do mundo de forma instantânea. Para que isso seja possível, é necessário o uso e desenvolvimento das chamadas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) (Machado; Pastorio, 2022).

Dentre as tecnologias disponíveis, a plataforma Arduino tem se mostrado uma ferramenta promissora para o ensino de Física. O uso de tecnologias acessíveis é essencial, especialmente considerando que laboratórios didáticos podem ser onerosos. A problemática abordada neste trabalho reside na dificuldade de implementar práticas experimentais em contextos educacionais com recursos limitados. Assim, a escolha do Arduino, por ser uma tecnologia acessível, busca suprir essa lacuna, oferecendo aos alunos a possibilidade de realizar experimentos de maneira mais interativa e acessível.

O ensino de Física no Brasil, conforme previsto nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica (DCNs), enfatiza a importância de práticas pedagógicas que promovam uma aprendizagem ativa e contextualizada, visando despertar o interesse dos estudantes pelas ciências. De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação

Nacional (LDB), é fundamental que o ensino se oriente por práticas que incentivem a compreensão dos fenômenos físicos por meio de métodos experimentais. Entretanto, os laboratórios didáticos, essenciais para essa abordagem, são frequentemente caros e escassos nas escolas da rede pública, limitando a aplicação prática dos conteúdos.

O modelo tradicional de ensino, ainda predominante nas escolas, prioriza o uso excessivo da linguagem matemática e a resolução de exercícios desvinculados de situações cotidianas dos alunos. Esse método, focado na memorização de equações e na realização de exercícios repetitivos e mecanicistas, geralmente orientados para exames, contribui para o desinteresse dos alunos, especialmente na disciplina de Física.

Diante desse cenário, a adoção de experimentos científicos torna-se uma alternativa essencial para tornar os conteúdos mais concretos e significativos. O uso da placa Arduino, por exemplo, vem se popularizando no contexto da educação científica e tecnológica, proporcionando aos professores de Física uma ferramenta acessível e eficaz para a criação de atividades experimentais. Esse tipo de tecnologia, aliado à construção de mapas conceituais, tem o potencial de minimizar as lacunas conceituais e o desinteresse pela disciplina, ao promover uma aprendizagem mais significativa.

Além disso, a construção de aparatos experimentais que envolvem tecnologias acessíveis, como o Arduino, oferece uma abordagem mais interativa e significativa do que o ensino exclusivamente tradicional, ainda que este permaneça indispensável. Dessa forma, os estudantes têm a oportunidade de aplicar os conceitos de Física em experimentos práticos, o que facilita a compreensão dos fenômenos e estimula o interesse pela ciência.

Portanto, a implementação de práticas experimentais com o uso de tecnologias como o Arduino justifica-se não apenas como uma alternativa viável e econômica para suprir a falta de laboratórios didáticos, mas também como uma estratégia pedagógica capaz de transformar o ensino de Física em uma experiência mais dinâmica e integrada ao uso de tecnologias educativas, como mapas conceituais. Sob essa perspectiva, este trabalho propõe o desenvolvimento de um aparato experimental de baixo custo, utilizando impressão 3D e a plataforma Arduino para a aquisição de dados, que pode ser implementado em aulas experimentais. A análise desses dados tem como objetivo validar os conceitos físicos abordados, bem como verificar a eficácia do aparato como ferramenta de ensino. Além disso, propõe-se a aplicação de uma sequência didática voltada para alunos do ensino médio que, aliada aos resultados experimentais, oferece uma abordagem pedagógica mais interativa e prática para o ensino de Física.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir, apresenta-se a fundamentação teórica deste trabalho, com ênfase em aspectos como o ensino de Física, a aprendizagem significativa e o uso de tecnologias livres.

2.1 O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

Ao longo da história, a produção científica e tecnológica brasileira foi alvo de grande repercussão acadêmica e internacional, entretanto, essa forma de desenvolver ciência sofreu com a instabilidade política e econômica (Nascimento; Fernandes; Mendonça, 2010). A partir da década de 1950, as políticas científicas e tecnológicas tiveram um grande processo de institucionalização, tendo como principal foco o crescimento e o progresso para o país. Vale lembrar, que um aspecto que marcou esse período foi a forma mecânica de analisar os impactos e os benefícios que a ciência e a tecnologia traria para a sociedade, que deixava de levar em consideração os diferentes agentes sociais e suas relações, dessa forma, integrando mais um impasse para o pensamento dessa época (Vaccarezza, 1998).

Durante o período pós-Segunda Guerra Mundial (1939-1945), a tecnologia e o desenvolvimento científico se aproximaram da sociedade, trazendo benefícios significativos, como novas formas de promover a educação e as interações sociais. Nesse contexto, os cientistas perceberam o grande potencial dos centros educacionais para a disseminação do conhecimento. No Brasil, durante uma revolução educacional, surgiram propostas de ensino mais ativas e significativas, que reduziram o uso de métodos tradicionais e repetitivos. Essa mudança aproximou os estudantes de áreas como Física, Química e Biologia nas aulas, tornando o aprendizado mais dinâmico (Krasilchik, 1987).

Em 1956, foi desenvolvido um projeto que renovava o currículo de Física no ensino médio, que teve como iniciativa do *Massachusetts Institute of Technology - M.I.T.*, com o objetivo de introduzir uma nova linha de pensamento sobre o ensino de Física e o desenvolvimento de projetos com materiais instrucionais que insimulavam as formas de ensinar Física. Durante esse processo, por influência do PSSC (*Physical Science Study Committee*), surgiram vários projetos curriculares sobre o ensino de Física para o ensino médio desenvolvidos nos Estados Unidos, e o Projeto de Ensino de Física, na Universidade de São Paulo, Brasil. Entretanto, isto não durou muito tempo, ou seja, os projetos eram bem claros na descrição de como ensinar Física (experimentos, demonstrações, projetos, história da Física, ...), porém, pouco se falava como iria se aprender os conteúdos de Física (Moreira, 2000).

Um aspecto marcante no ensino de Física, foi em 1960 com a chegada ao Brasil das teorias cognitivas, que enfatiza o conhecimento como sendo o resultado da interação entre o homem e o meio e evidencia os processos mentais dos estudantes, durante o processo de aprendizagem. Entretanto, somente no início dos anos 1980 é que as teorias da aprendizagem começaram a influenciar significativamente o ensino de ciências. As teorias

de Piaget valorizavam a aprendizagem pela descobertas que sugeriam aos estudantes realizar experimentos para aprender de forma significativa e o professor como facilitador no processo de ensino e aprendizagem (Nascimento; Fernandes; Mendonça, 2010).

Contudo, o ensino de Física atualmente é ainda pautado em treinar os alunos para reproduzir de forma mecânica resultados em provas, se caracterizando como uma reprodução massiva e sem sentido do que é visto em sala de aula (Moreira, 2018); mas isso não significa haver a ausência total das práticas laboratoriais de fácil acesso e o uso de tecnologias usadas em sala de aula por professores empenhados em desenvolver os conteúdos para que os alunos possam identificar e analisar os fenômenos físicos. Sob essa ideia, novas metodologias estão sendo empregadas no Brasil e no mundo, identificando uma nova perspectiva para o ensino de Física.

Ainda, de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o ensino deve assegurar que os conhecimentos sejam contextualizados a partir de situações práticas do cotidiano, de forma a integrar teoria e prática de maneira significativa (Brasil, 2018). Nesse sentido, o ensino de Física demanda a experimentação como um mecanismo essencial para a assimilação efetiva dos conteúdos. A prática experimental permite que os estudantes compreendam conceitos abstratos, vivenciem fenômenos físicos e desenvolvam habilidades investigativas e críticas.

A legislação educacional, ao reforçar a importância da articulação entre teoria e prática, destaca a necessidade de investimentos em infraestrutura, especialmente no que diz respeito à disponibilização de laboratórios adequados. No entanto, a realidade de muitas escolas brasileiras revela uma significativa carência de laboratórios de Física e outros recursos didáticos, o que compromete o pleno atendimento às diretrizes da BNCC. De acordo com dados do Censo Escolar de 2022, apenas cerca de 40% das escolas públicas possuem laboratórios de ciências adequados, o que evidencia a disparidade entre as metas educacionais e as condições reais de ensino.

2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E A IMPORTÂNCIA DAS AULAS EXPERIMENTAIS

A teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel (1918 - 2008) de baseia na ideia de que a aprendizagem significativa ocorre quando uma pessoa é capaz de fazer conexões entre os novos conhecimentos e as informações já existentes. Segundo Ausubel, o aprendizado significativo requer que o indivíduo abstraia o conhecimento e possua capacidade de aplicar dentro do seu cotidiano e nas mais diversas situações (Júnior, 2023).

Mas especificamente, Ausubel conceitua o que chamou de *subsunção*, que é definido como a estrutura cognitiva do indivíduo que é responsável por processar novas informações, desse modo, essa informação se combina com os conhecimentos prévios e vivências do indivíduo, contribuindo assim para desenvolver saberes significativos (Moreira, 1999).

A relação entre ensino e aprendizagem é permeada por diversos fatores que vão desde os saberes científicos e a compreensão de mundo, o que define um modelo estritamente ligado aos formalismos específicos, e por outro lados as atividades práticas e lúdicas que estão ligados ao ensino dentro de sala de aula, que tem como principal objetivo desenvolver habilidades e conhecimentos sólidos na disciplina de Física. Este modelo de aprendizagem que possui significado é defendido como uma ótima estratégia para desenvolver o ensino de Física, levando em conta que as atividades práticas experimentais atuam como ferramentas facilitadoras para o processo de aprendizagem (Batista; Fusinato; Blini, 2009).

Sob essa perspectiva, o desenvolvimento de novos saberes e aprendizados que tenham significado para os indivíduos é portanto papel fundamental no processo de ensino; segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9394/96), a educação possui um papel formador da cidadania, que deve formar cidadãos críticos e que dispõem em sua totalidade de plena autonomia intelectual (Brasil, 2015). Dessa forma, novas metodologias que auxiliem no processo de ligação entre teoria e prática são vistos como fatores essenciais. Dentre esses mecanismos, temos a prática experimental que quando bem planejadas desmistificam o trabalho científico e o aproximam do universo de experiência dos alunos, que se identificam como detentores dos seu próprios conhecimentos e descobrindo as leis e princípios básicos que regem o universo, por meio do pensamento crítico e pela formulação de hipóteses, dessa forma as práticas experimentais se mostram como ferramentas essenciais e indispensáveis para o ensino de Física (Nascimento, 2010).

2.3 TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TDICS) NO ENSINO DE FÍSICA

Atualmente, as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) oferecem a possibilidade de ministrar aulas de forma mais dinâmica, interativa e colaborativa, com o auxílio de recursos como computadores, tablets, celulares e simuladores. Vivemos em uma era em que o acesso à informação se tornou mais rápido e diversificado, o que proporciona novas oportunidades de aprendizado em comparação com métodos tradicionais que se baseavam predominantemente em livros.

Nesse contexto, é necessário repensar as práticas pedagógicas, considerando os desafios que os docentes enfrentam ao integrar essas tecnologias nas rotinas de ensino e aprendizagem. Com o crescente avanço tecnológico e o uso cada vez mais frequente das TDICs pelas gerações mais jovens, torna-se importante adequar as metodologias educacionais para potencializar o engajamento e a interação em sala de aula (Schuartz; Sarmiento, 2020).

Além dessa visão sobre a utilização das tecnologias no cotidiano dos jovens, a inserção da tecnologia em sala de aula tem se tornado cada vez mais um fator crucial para o aprendizado, pois pode estimular o aluno, potencializando a construção de novos conhecimentos e tornando a compreensão mais simples e acessível, resultando em uma

aprendizagem significativa (Testa, 2023).

Dessa forma, o uso das TDICs em sala de aula pode potencializar os processos de ensino e aprendizagem, especialmente no ensino de Física. O material didático que incorpora recursos tecnológicos torna as aulas mais atraentes, aumentando a participação dos alunos e sua disposição para aprender. Além disso, a familiaridade dos estudantes com essas tecnologias facilita o manuseio das ferramentas, contribuindo para uma melhor absorção dos conteúdos e um processo de aprendizagem mais eficaz (Barroso, 2018).

Nesse sentido, um projeto interessante para utilizar é o Arduino, que tem se mostrado uma tecnologia versátil e de fácil uso por professores e alunos. Sendo uma plataforma eletrônica com código aberto, baseada em softwares e hardwares acessíveis e com custo relativamente baixo, o Arduino se apresenta como uma ferramenta estimulante para o ensino, fornecendo aos professores recursos didáticos para o desenvolvimento de aulas experimentais na disciplina de Física (Moreira, 2018).

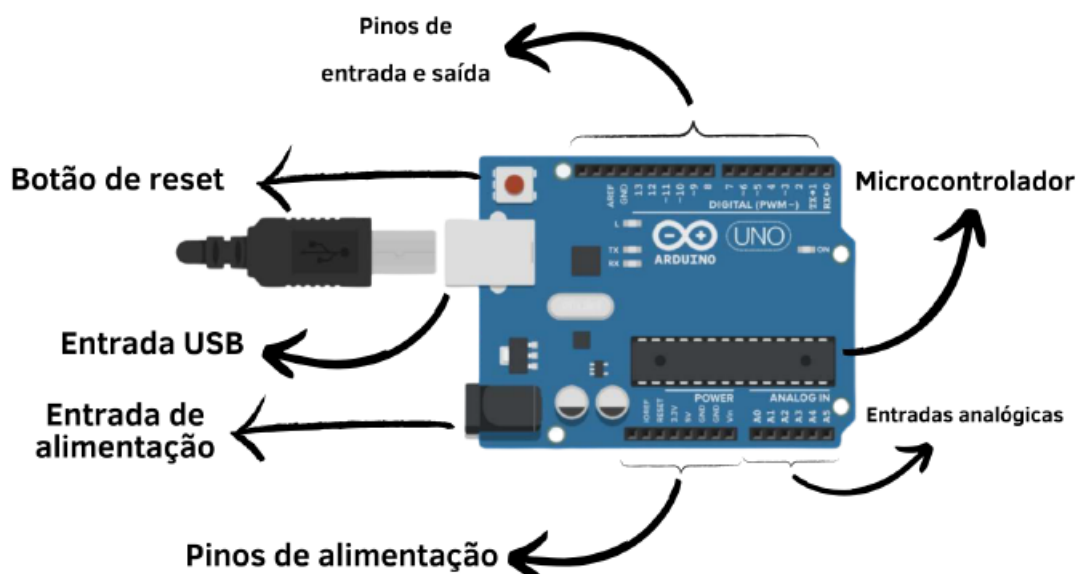
2.4 A PLATAFORMA ARDUINO

A plataforma Arduino teve sua origem em 2005, no *Interaction Design Institute*, localizado na cidade de Ivrea, na Itália. Idealizado pelo professor Massimo Banzi, o projeto surgiu como uma solução acessível para estudantes de design que precisavam trabalhar com tecnologia. A proposta do Arduino visava oferecer uma alternativa mais econômica aos produtos tecnológicos disponíveis na época, que apresentavam custos elevados e dificultavam o acesso dos alunos (Hochenbaum, 2013).

O Arduino é uma plataforma de computação física ou embarcada, que utiliza um microcontrolador capaz de controlar e interagir com diversos atuadores, permitindo a criação de projetos eletrônicos de forma acessível e versátil (Mcroberts, 2015). O Arduino é composto por uma placa física que pode ser utilizada para desenvolver objetos interativos, tanto independentes quanto integrados a softwares. Além disso, os componentes podem ser montados manualmente ou adquiridos já montados, proporcionando maior flexibilidade aos projetos (Banzi, 2011).

Por meio do Arduino, é possível integrar diversos dispositivos, como sensores, LEDs, placas e outros componentes, que serão controlados pelo microcontrolador de acordo com a programação fornecida por meio do software disponibilizado pela própria plataforma. A programação é realizada em uma versão modificada da linguagem C++. Conforme a figura 1, é apresentada uma esquematização da plataforma física do Arduino, destacando suas entradas para conexão de atuadores e outros componentes.

Figura 1 – Esquema da plataforma física do Arduino

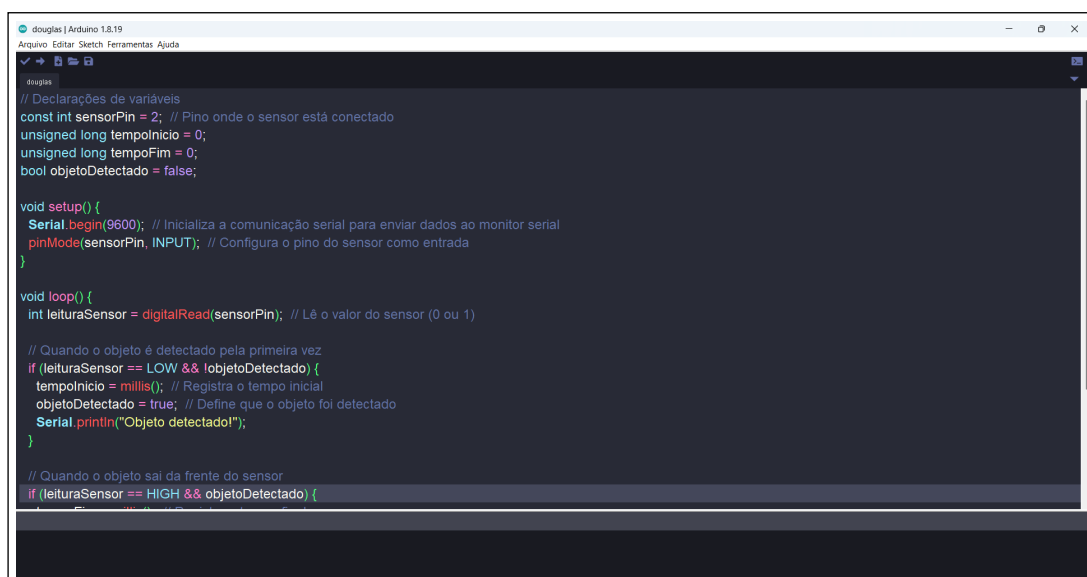


Fonte: (Sampaio, 2023)

A plataforma Arduino é composta por hardware (placa controladora) e software (ambiente de desenvolvimento), ambos altamente flexíveis, de fácil utilização e acessíveis. Trata-se de uma plataforma de prototipagem eletrônica baseada em microcontroladores, que executam funções bem definidas, como: chaves, LEDs, controladores de luz, motores, sensores de luz, sensores de fumaça, sensores de temperatura, sensores de presença, entre outros (Pinto, 2011).

Além disso, Arduino é uma ferramenta poderosa e acessível que permite a criação de mecanismos simples com sensores, além do desenvolvimento de robôs e sistemas mais complexos. Através de uma linguagem de programação baseada em C e C++, a plataforma utiliza uma Interface de Desenvolvimento Integrada (IDE) para facilitar o processo. A IDE do Arduino permite que o usuário escreva, compile e carregue o código para a placa, simplificando a programação de dispositivos eletrônicos. Após escrever o código, ele é compilado e transferido para o microcontrolador da placa via porta USB, permitindo que a placa execute as tarefas programadas. Dessa forma, a plataforma Arduino oferece grande flexibilidade e potencial, tornando o desenvolvimento de projetos eletrônicos acessível a todos, independentemente do nível de experiência em programação (Pinto, 2011). A IDE do Arduino é compatível com Windows, macOS e Linux, sendo gratuita e promovendo a inclusão de novos programadores. Sua simplicidade, ampla comunidade de suporte e recursos a tornaram uma das principais ferramentas para projetos de eletrônica e programação, tanto educacionais quanto avançados. A seguir, temos a figura 2, que ilustra o software do Arduino:

Figura 2 – IDE do Arduino.



Fonte: (Autória própria, 2025)

Dessa forma, a plataforma Arduino tem se mostrado uma ferramenta de grande potencial no campo do ensino de Física, com vários trabalhos sendo implementados para promover melhorias significativas no processo de ensino e aprendizagem. Nos últimos anos, diversas monografias e dissertações que utilizam essa tecnologia têm ganhado destaque, demonstrando seu crescente impacto na educação. Portanto, o Arduino surge como uma ferramenta de fácil uso, devido a sua facilidade e manuseio se torna algo bastante interessante para fins educacionais, onde o aluno terá seus primeiros contatos com uma linguagem de programação para desenvolver o pensamento computacional, dessa forma o aluno desenvolverá competências e habilidades necessárias para o seu próprio pensamento crítico, dedutivo e que possua significativo (Sampaio, 2023).

2.5 MAPAS CONCEITUAIS

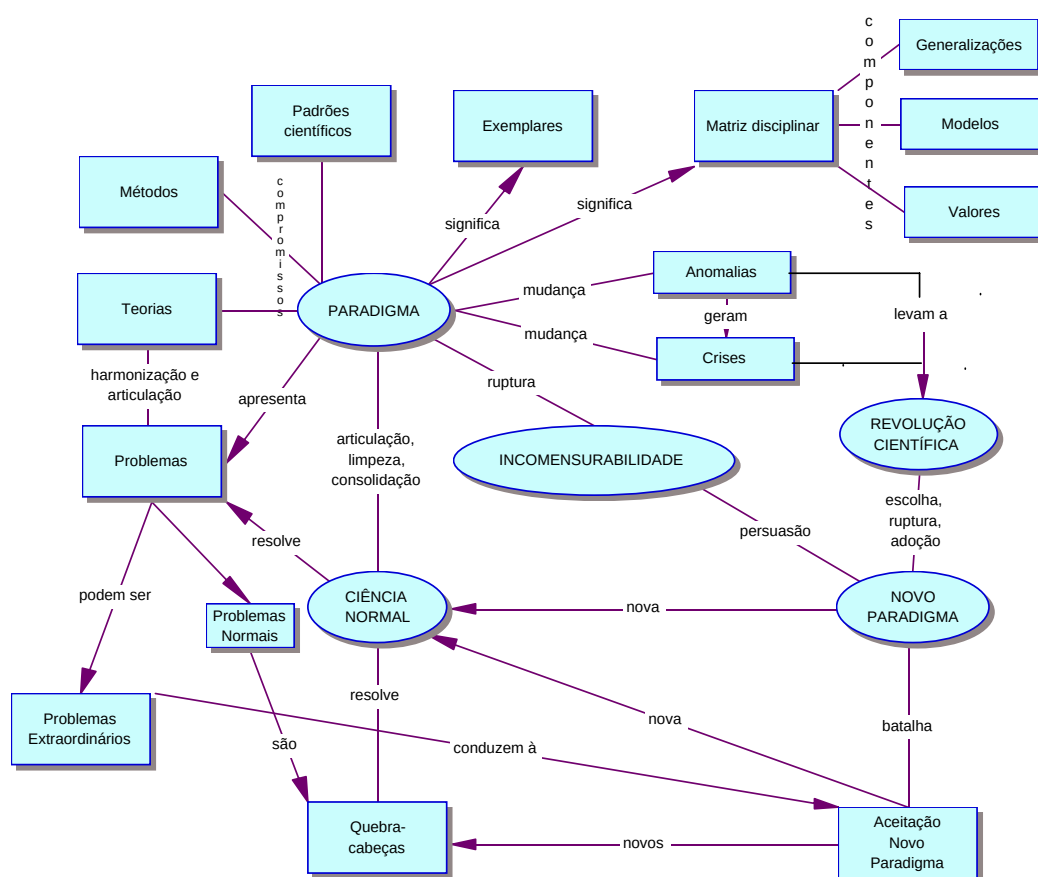
Mapa conceitual é uma técnica que foi desenvolvida em meados da década de 1970 por Joseph Novak e seus colaboradores na Universidade de Cornell, Estados Unidos. Esse método de ensino tem como base a teoria cognitiva da aprendizagem de David Ausubel, dessa forma os mapas conceituais foram desenvolvidos para sintetizar um conjunto de ideias que são mais importantes, a fim de desenvolver melhores condições para a aprendizagem dos alunos (Moreira, 2013).

O mapeamento conceitual é uma abordagem bastante versátil, o que permite sua aplicação em várias circunstâncias e para diferentes objetivos, como análise curricular, técnica pedagógica, ferramenta de aprendizagem e método de avaliação (Moreira; Buchweitz, 1993).

Essa versatilidade dos mapas conceituais também os torna altamente adaptáveis a diferentes níveis de ensino e áreas do conhecimento. Desde a educação básica até o ensino superior, eles podem ser utilizados como apoio no planejamento de aulas, na elaboração de projetos interdisciplinares e na organização de conteúdos complexos. Além disso, ao possibilitar uma visualização clara das relações entre conceitos, os mapas conceituais contribuem para a identificação de lacunas no entendimento dos alunos, permitindo ao professor adaptar sua prática pedagógica conforme as necessidades da turma.

Em aspecto geral, os mapas conceituais são diagramas que representam relações entre diversos conceitos ou palavras. Geralmente, seguem uma hierarquia, com os conceitos mais importantes no topo, interligados aos conceitos relacionados. Os conceitos são normalmente escritos dentro de figuras geométricas, como retângulos, elipses ou círculos, mas o formato das figuras não é crucial; o importante é o conteúdo das informações (Moreira, 2013). Observe a figura 3, que apresenta um exemplo de mapa conceitual.

Figura 3 – Mapa Conceitual.



Fonte: (Moreira, 2013)

Ao construir um mapa conceitual sobre um assunto, o aluno esclarece de forma

concisa os pontos mais importantes e identifica suas dificuldades de compreensão. Diante dessas dificuldades, ele pode buscar subsídios em livros, pesquisas ou na internet para esclarecer suas dúvidas e, em seguida, revisar o mapa. Esse processo de ida e volta entre a construção do mapa e a busca por respostas desenvolve novos saberes, tornando a aprendizagem mais segura. Quando o aluno tem clareza sobre suas dúvidas, fica mais fácil buscar ajuda, como a do professor (Tavares, 2007).

Os mapas conceituais vão muito além da organização de conceitos em diagramas, por meio deles pode-se demonstrar como o conhecimento sobre o tema está sintetizado na estrutura cognitiva de quem o produz, pois ele esclarece de forma visual e ilustrada os conceitos e informações que são pertinentes acerca daquele assunto (Tavares, 2007). Dessa forma, o professor, ao propor aos seus alunos a construção de um mapa conceitual, terá a oportunidade de avaliar cada aluno em suas especificidades por meio de cada mapa. Essa avaliação pode ser obtida de forma qualitativa ou quantitativa, dependendo da forma como o professor vai abordar os assuntos.

Além disso, a prática de construir mapas conceituais pode favorecer o desenvolvimento da autonomia e da autorregulação da aprendizagem. À medida que os alunos se acostumam a organizar o conhecimento com base em suas próprias compreensões e experiências prévias, tornam-se mais conscientes de seus processos cognitivos. Isso contribui para que desenvolvam estratégias de estudo mais eficazes, já que passam a entender quais métodos funcionam melhor para a assimilação dos conteúdos, o que é essencial para um aprendizado contínuo ao longo da vida.

Outra contribuição relevante é a possibilidade de utilizar os mapas conceituais em atividades colaborativas. Trabalhar em grupo na construção desses mapas promove a troca de ideias, a escuta ativa e o respeito às diferentes formas de pensar. Essa interação estimula a construção coletiva do conhecimento, enriquecendo o conteúdo com múltiplas perspectivas. Para o professor, observar essas interações também é uma oportunidade de identificar o grau de engajamento dos alunos e como eles estão assimilando os conteúdos, o que pode orientar intervenções pedagógicas mais eficazes.

3 CONTEÚDO TEÓRICO PARA A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nesta seção, discutiremos os conceitos fundamentais da Física que são essenciais para a sequência didática desta monografia.

3.1 UMA BREVE REVISÃO SOBRE MECÂNICA

A compreensão do movimento dos corpos tem sido objeto de estudo ao longo da história, desde a Antiguidade, com as primeiras concepções filosóficas, até o desenvolvimento da Mecânica Clássica nos séculos XVII e XVIII. Os filósofos Aristóteles e Galileu foram alguns dos principais responsáveis por teorizar sobre o comportamento dos corpos em movimento. Aristóteles classificava o movimento em natural e violento, associando-o aos elementos fundamentais: terra, ar, fogo e água. De acordo com essa visão, um objeto só poderia manter-se em movimento mediante a aplicação contínua de uma força.

Com a valorização da experimentação, Galileu Galilei desafiou Aristóteles ao demonstrar que o movimento dos corpos não dependia do peso, mas sim das condições do ambiente. Seus experimentos, como o realizado na Torre de Pisa, mostraram que corpos com massas diferentes atingem o solo simultaneamente quando soltos da mesma altura. Ao estudar planos inclinados, ele introduziu o conceito de inércia, evidenciando que, na ausência de atrito, a velocidade dos corpos se mantém constante.

As descobertas de Galileu influenciaram Isaac Newton, que formulou as três leis do movimento, consolidando a Mecânica Clássica. Em 1687, sua obra *“Philosophiae Naturalis Principia Mathematica”* formalizou a relação entre forças e movimento. Newton também desenvolveu o cálculo diferencial e integral e propôs a Lei da Gravitação Universal, descrevendo a interação entre corpos massivos.

No século XX, a Mecânica Quântica e a Teoria da Relatividade expandiram os conhecimentos da física, abordando fenômenos em escalas microscópicas e em altas velocidades. No entanto, a Mecânica Clássica continua essencial para descrever o movimento dos corpos no cotidiano, sendo amplamente aplicada na engenharia, tecnologia e ciências naturais.

O estudo das forças e interações possibilita a formulação de modelos matemáticos precisos, permitindo prever o comportamento de sistemas físicos. O conceito de força, representado por vetores e sujeito às regras de adição vetorial, é fundamental para a análise dinâmica dos corpos e a resolução de problemas de movimento. Assim, a Mecânica Clássica permanece como base para a compreensão dos fenômenos físicos e suas aplicações práticas.

3.1.1 Primeira Lei de Newton

De acordo com a Primeira Lei de Newton, um corpo mantém seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que uma força externa atue sobre

ele, modificando essa condição. Esse princípio tem como fundamento os estudos de Galileu acerca da inércia e é comumente denominado Lei da Inércia ou Princípio da Inércia (Halliday; Resnick; Walker, 1993).

A inércia pode ser compreendida como a tendência de um corpo em resistir a mudanças no seu estado de movimento. Quanto maior for a massa do objeto, maior será essa resistência, dificultando a alteração de sua velocidade. A Primeira Lei de Newton estabelece que, se a força resultante atuando sobre um corpo for nula, sua velocidade permanecerá constante, sem sofrer variações (Halliday; Resnick; Walker, 1993).

Situações do nosso cotidiano onde podemos verificar a lei da Inércia:

- Quando você está em um carro que de repente freia, seu corpo tende a continuar se movendo para frente devido à inércia. Isso ocorre porque, enquanto o carro reduz a velocidade, seu corpo resiste à mudança de movimento e segue em movimento até que o cinto de segurança ou outro fator externo faça com que você pare.
- Ao puxar bruscamente a toalha que cobre uma mesa, os objetos que estão em cima, por inércia, ficam no mesmo lugar.

3.1.2 Segunda Lei de Newton

A Segunda Lei de Newton, também conhecida como Lei Fundamental da Dinâmica, afirma que a força resultante que age sobre um objeto é igual ao produto de sua massa pela aceleração que ele adquire (Halliday; Resnick; Walker, 1993). Conforme essa lei, a massa m de um corpo é uma constante de proporcionalidade entre a força e a aceleração, funcionando como uma medida da inércia do objeto. Dessa forma, ao aplicar a mesma força em dois corpos com massas diferentes, o objeto com maior massa experimentará uma aceleração menor.

Partindo dessa ideia a segunda lei de Newton pode ser expressa da seguinte forma:

$$\vec{F}_r = m\vec{a} \quad (3.1)$$

A seta indica que se trata de uma grandeza vetorial, ou seja, possui módulo, direção e sentido. Dessa forma, $\vec{F}_r$ representa a força resultante, m a massa do objeto e $\vec{a}$ a aceleração.

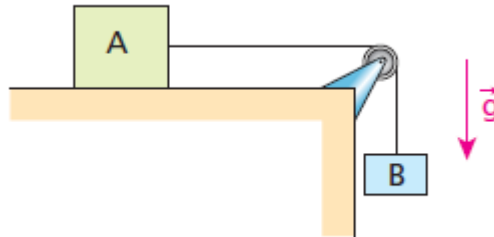
Essa equação descreve como a aceleração de um objeto está relacionada à força que atua sobre ele e à sua massa. Em termos simples, ela diz que a força necessária para alterar o movimento de um objeto depende de dois fatores: a massa do objeto e a aceleração que se deseja imprimir nele.

3.1.3 Sistema de Corpos

O sistema de corpos é um assunto essencial no estudo da Física, especialmente na área de Mecânica. A abordagem proposta busca explorar uma situação frequentemente

apresentada em livros didáticos por meio de um experimento simples: um corpo se deslocando sobre uma superfície horizontal, puxado por um cabo que passa por uma polia e está conectado a uma massa suspensa na outra extremidade. A figura 4 ilustra o sistema físico em análise.

Figura 4 – Sistema Clássico de Corpos.



Fonte: (Biscuola, 2012)

Quando o corpo B cai na direção vertical, o móvel A se desloca na direção horizontal, resultando em um movimento acelerado do sistema. Ao desprezar o atrito de rolamento e a massa da roldana, a análise do movimento, baseada nos procedimentos usuais de resolução de problemas que envolvem as Leis de Newton, leva à equação 3.2 para a aceleração do sistema, sendo g a aceleração da gravidade.

$$a = \frac{m_b}{(m_a + m_b)} g \quad (3.2)$$

Dessa forma, sabendo as massas dos blocos m_a , m_b e a aceleração da gravidade g , podemos determinar a aceleração do sistema.

3.1.4 Terceira Lei de Newton

A Terceira Lei de Newton estabelece que: “A cada ação, sempre ocorre uma reação de mesma intensidade, mas de sentido oposto; ou seja, as forças que dois corpos exercem um sobre o outro são sempre iguais em magnitude e direcionadas em sentidos opostos” (Halliday; Resnick; Walker, 1993). Quando um corpo exerce uma força sobre outro, o segundo corpo aplica uma força de igual intensidade e direção oposta sobre o primeiro. Dessa maneira, a interação entre os corpos pode ser vista como um sistema isolado, já que não há forças externas atuando sobre eles.

Com isso, segundo a Terceira Lei, em um sistema isolado com dois corpos de massa constante, as forças de interação entre eles têm sentidos opostos, e a razão entre as acelerações desses corpos é inversamente proporcional às suas massas. Assim, podemos

expressar essa relação da seguinte forma:

$$\vec{F}_{12} = \vec{F}_{21} \quad (3.3)$$

Dessa forma,

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{|\vec{a}_2|}{|\vec{a}_1|} \quad (3.4)$$

Observa-se que os sinais na equação 3.3, justifica o fato de que as forças de ação e reação têm sentidos opostos. A Terceira Lei de Newton é válida para qualquer tipo de interação dentro dos parâmetros da mecânica clássica, em sistemas macroscópicos isolados e com velocidades baixas. A seguir, alguns exemplos da Terceira Lei:

- As naves espaciais utilizam o princípio da ação e reação para se moverem. Ao ejetarem gases em combustão, elas são impulsionadas na direção oposta à saída desses gases.
- Em uma colisão entre um carro e um caminhão, ambos experimentam forças de mesma intensidade, mas com direções opostas. No entanto, a deformação observada nos veículos é distinta, com o carro geralmente sofrendo mais danos que o caminhão. Isso ocorre devido à diferença na estrutura dos veículos, e não na intensidade das forças envolvidas.
- Quando você empurra a cama elástica para baixo com o corpo (ação), a cama elástica exerce uma força de igual intensidade para cima (reação), impulsionando você para cima.

3.1.5 Oscilações e movimento periódico

Esta seção tem como objetivo apoiar o professor na compreensão do Movimento Harmônico Simples (MHS) e no planejamento das aulas, garantindo que esses conceitos sejam abordados de forma sequencial e didática.

O movimento periódico é aquele que se repete em intervalos de tempo iguais, apresentando um padrão regular ao longo do tempo. Esse tipo de movimento pode ser encontrado em diversos sistemas físicos, desde oscilações mecânicas até fenômenos eletromagnéticos. Sua principal característica é o período, que corresponde ao tempo necessário para que um ciclo completo ocorra, e a frequência, que indica quantas repetições acontecem por unidade de tempo. Além disso, muitos movimentos periódicos são também oscilatórios, ou seja, envolvem deslocamentos alternados em torno de uma posição de equilíbrio, como no caso de um pêndulo ou de uma massa presa a uma mola. No contexto da natureza e da tecnologia, exemplos de movimento periódico incluem a rotação da Terra ao redor do Sol, a vibração das cordas de um instrumento musical, as ondas sonoras e

até o funcionamento de circuitos elétricos alternados. Esse conceito é fundamental na Física, pois permite descrever uma ampla variedade de fenômenos por meio de equações matemáticas que envolvem funções senoidais, proporcionando uma compreensão precisa e quantitativa de sistemas oscilatórios e ondulatórios.

3.1.6 Período e Frequência

O período T e a frequência f são grandezas fundamentais para descrever o movimento periódico. O período representa o tempo necessário para que o movimento complete um ciclo completo, enquanto a frequência indica quantos ciclos ocorrem por unidade de tempo. Essas grandezas estão relacionadas pela seguinte equação:

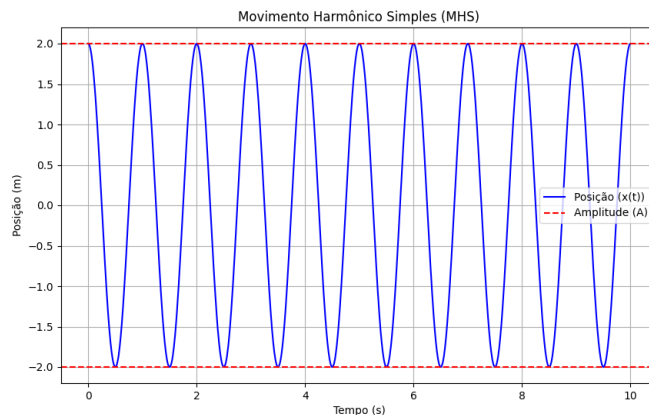
$$f = \frac{1}{T} \quad (3.5)$$

Por essa relação fica claro que a frequência determina o número de voltas que o corpo dá em unidades de tempo. A unidade de medida da frequência no Sistema Internacional de unidades (SI) é o Hz.

3.1.7 Amplitude

A amplitude A é definida como o valor máximo de deslocamento que um corpo pode atingir em relação à sua posição de equilíbrio. Esse valor é sempre considerado em módulo, ou seja, independentemente do sentido do movimento. Durante um ciclo completo, o corpo percorre sua trajetória oscilatória, atingindo essa amplitude nos extremos do movimento, conforme ilustrado na figura 5.

Figura 5 – Gráfico de Amplitude.



Fonte: (Autoria própria, 2025)

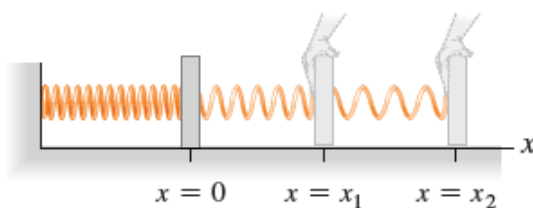
3.1.8 Movimento Harmônico Simples

Para que um sistema apresente um Movimento Harmônico Simples (MHS), é necessário que haja uma força restauradora que obedeça ao princípio descrito pela Lei de Hooke. Essa força atua no sentido oposto ao deslocamento do corpo em relação à posição de equilíbrio, sendo diretamente proporcional à sua elongação. Matematicamente, essa relação é expressa por:

$$F = -kx \quad (3.6)$$

Onde k é uma constante de proporcionalidade conhecida como constante elástica da mola. No SI, a sua unidade de medida é N/m, pois a força no sistema internacional é dada por Newton, que é representado pela letra N. O sinal negativo da fórmula garante que a força sempre será no sentido contrário da elongação x , que é a posição da partícula a partir do ponto de equilíbrio do sistema massa-mola, observe a figura 6 que mostra o exemplo clássico do sistema massa-mola.

Figura 6 – Sistema massa-mola.



Fonte: (Young, 2016)

Este sistema é basicamente formado por uma massa e uma mola, nos quais é possível aplicar uma força de compressão ou expansão. Com isso, o sistema entra em oscilação, alternando entre oscilar para frente e para trás ao redor de sua posição de equilíbrio.

3.1.9 Sistemas Amortecidos

Embora, no ensino médio, frequentemente desconsideremos as forças dissipativas para simplificar os modelos matemáticos apresentados aos alunos, acreditamos ser relevante abordar neste trabalho sistemas que envolvem essas forças. Consideramos importante discutir esses sistemas com os alunos, mesmo sem realizar as demonstrações matemáticas detalhadas, pois isso permite que eles visualizem como essas situações se aplicam ao seu cotidiano.

Sistemas amortecidos são sistemas em que a oscilação do corpo ou objeto diminui com o tempo devido à presença de forças que dissipam energia, como o atrito ou resistência do ar. Ao contrário de sistemas ideais, como o oscilador harmônico simples, em que a

oscilação continua indefinidamente, nos sistemas amortecidos, a amplitude das oscilações vai diminuindo até que o movimento pare completamente.

Esse processo de diminuição da amplitude ocorre porque a energia do sistema não se conserva. A energia potencial e cinética do sistema é transformada em outras formas de energia, como calor, devido ao atrito, ou outras forças dissipativas presentes no sistema.

Um exemplo simples de um sistema amortecido é um pêndulo com resistência do ar. Quando você empurra um pêndulo e o solta, ele começa a oscilar, mas logo as oscilações ficam menores até o movimento parar, pois a resistência do ar vai retirando a energia do sistema.

Além dos exemplos clássicos, muitos sistemas tecnológicos do cotidiano também apresentam amortecimento. Os amortecedores de veículos, por exemplo, são dispositivos projetados justamente para dissipar energia e reduzir oscilações após passar por irregularidades no solo, proporcionando conforto e segurança aos passageiros. Esse tipo de aplicação concreta ajuda os alunos a perceberem a importância prática do conceito.

No campo da engenharia e da construção civil, o conhecimento sobre sistemas amortecidos também é fundamental. Estruturas como prédios e pontes são projetadas com dispositivos que minimizam oscilações provocadas por ventos, terremotos ou tráfego intenso. Tais aplicações demonstram como o entendimento das forças dissipativas é essencial para a estabilidade e durabilidade das construções.

Ao inserir discussões sobre esses temas em sala de aula, ainda que de forma qualitativa, promovemos uma aprendizagem mais significativa, que conecta os conceitos físicos a situações reais. Isso contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes, além de ampliar sua percepção sobre como a Física está presente em diferentes contextos da sociedade.

4 METODOLOGIA

A metodologia do trabalho é composta por duas etapas. A primeira etapa aborda a construção do aparato experimental, enquanto a segunda etapa consiste em detalhar a proposta da sequência didática a ser desenvolvida. Os modelos 3D para impressão, o firmware e os códigos utilizados nas práticas experimentais estão disponíveis em (Sousa, 2025). Este repositório será atualizado à medida que novos trabalhos forem desenvolvidos.

4.1 CONSTRUÇÃO DO TRILHO DE AR

Para a construção do trilho, utilizou-se um perfil quadrado (50 mm x 50 mm) de alumínio (conhecido popularmente como Metalon) com 120 cm de comprimento, juntamente com um conjunto de peças fabricadas por meio de impressão 3D que servem de suporte para o trilho constituem os demais componentes do aparato.

Foram realizados furos com diâmetro de aproximadamente 1 mm ao longo de todo o comprimento do perfil de alumínio, com o objetivo de criar um colchão de ar sobre o trilho. Esse colchão de ar tem a função de reduzir o atrito entre o trilho e os carrinhos utilizados nos experimentos, permitindo a simulação de um movimento quase sem resistência. Para garantir a distribuição uniforme do ar, os furos foram devidamente espaçados de forma regular e previamente marcados ao longo da superfície superior do perfil, assegurando maior precisão na perfuração.

A figura 7 apresenta uma ilustração do processo de perfuração do aparato, evidenciando a disposição dos furos e os cuidados adotados durante a execução. Esse procedimento é essencial para o funcionamento eficiente do trilho de ar, pois qualquer irregularidade pode comprometer a distribuição homogênea do fluxo de ar.

Figura 7 – Furos no trilho de ar.

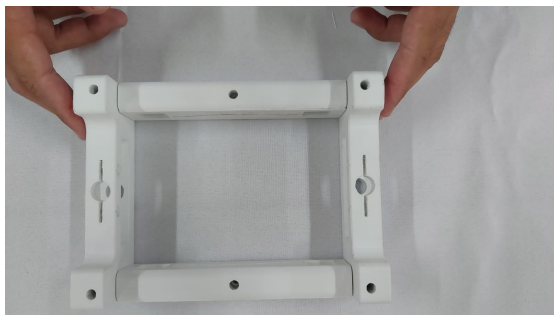


Fonte: (Autoria própria, 2025)

Para a montagem do aparato experimental, foram utilizados componentes produzidos por impressão 3D, como suportes, conexões e encaixes para os tubos de ar. A impressão 3D proporcionou maior flexibilidade no design das peças e um excelente custo-benefício, permitindo a construção de um equipamento funcional, acessível e adequado às necessidades do ambiente escolar.

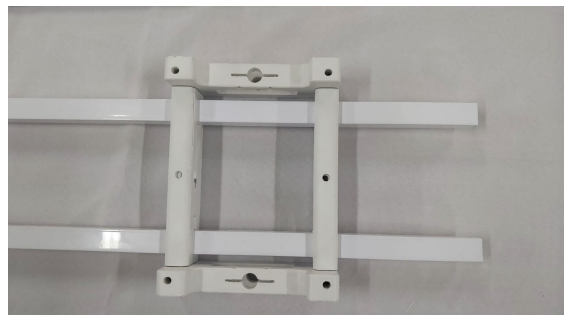
Após a perfuração do trilho, o próximo passo foi utilizar as peças impressas para criar o suporte do trilho. A montagem seguiu o modelo mostrado na figura 8, que serviu como base para a estrutura. Além disso, um perfil quadrado de alumínio com 25 mm de lado foi utilizado para conectar as bases, conforme ilustrado na figura 9.

Figura 8 – Base retangular.



Fonte: (Autoria própria, 2025)

Figura 9 – Fixando a base.



Fonte: (Autoria própria, 2025)

O próximo passo consistiu em montar a outra extremidade do trilho. Para isso, foi utilizada novamente uma base retangular, seguida da fixação do perfil de alumínio. Em seguida, foi fixada uma peça adicional, que fica conectada ao trilho de ar. Conforme

a figura 10 e a figura 11, acoplamos outra peça na extremidade oposta do trilho, com o objetivo de garantir a estabilidade do aparato e fornecer suporte para fixar o trilho.

Figura 10 – Base de apoio.



Fonte: (Autoria própria, 2025)

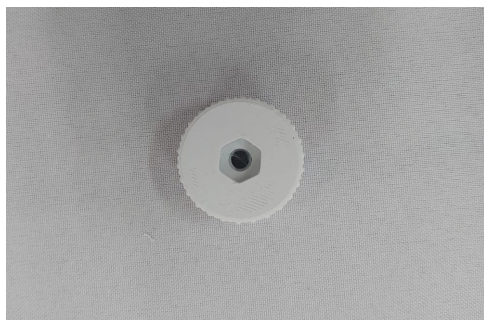
Figura 11 – Base fixada.



Fonte: (Autoria própria, 2025)

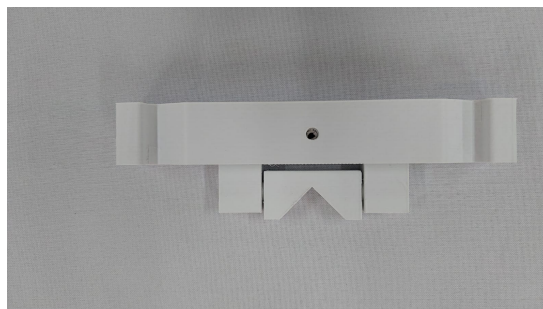
Após a montagem da base, o próximo passo consiste em fixar o trilho de ar sobre a estrutura metálica. A seguir, são apresentadas algumas das peças utilizadas nesse processo, como suportes, encaixes e fixadores de alumínio, que garantem a estabilidade e o alinhamento adequado do trilho durante os experimentos.

Figura 12 – Rosca de fixação.



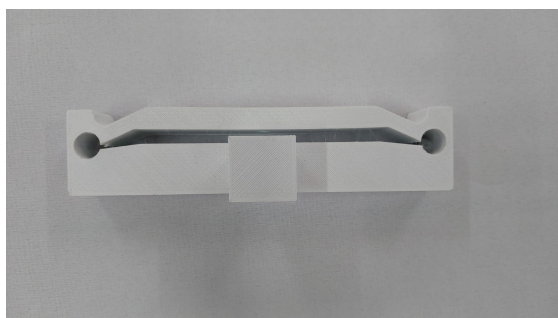
Fonte: (Autoria própria, 2025)

Figura 13 – Base de sustentação.



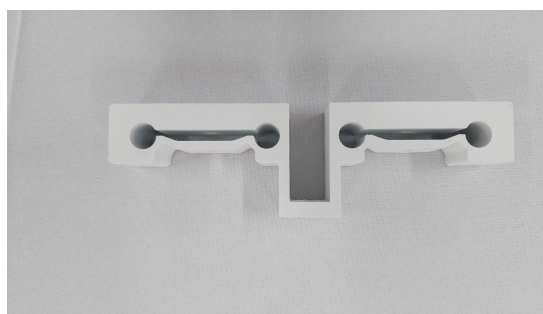
Fonte: (Autoria própria, 2025)

Figura 14 – Fixador vertical.



Fonte: (Autoria própria, 2025)

Figura 15 – Fixador horizontal.



Fonte: (Autoria própria, 2025)

A rosca de fixação, mostrada na figura 12, tem a função de ajustar e nivelar o trilho de ar, permitindo apertar ou afrouxar as peças conforme necessário para garantir a estabilidade da estrutura. Em seguida, a base de sustentação, representada na figura 13, é responsável por apoiar o trilho, mantendo-o firme e alinhado durante os experimentos.

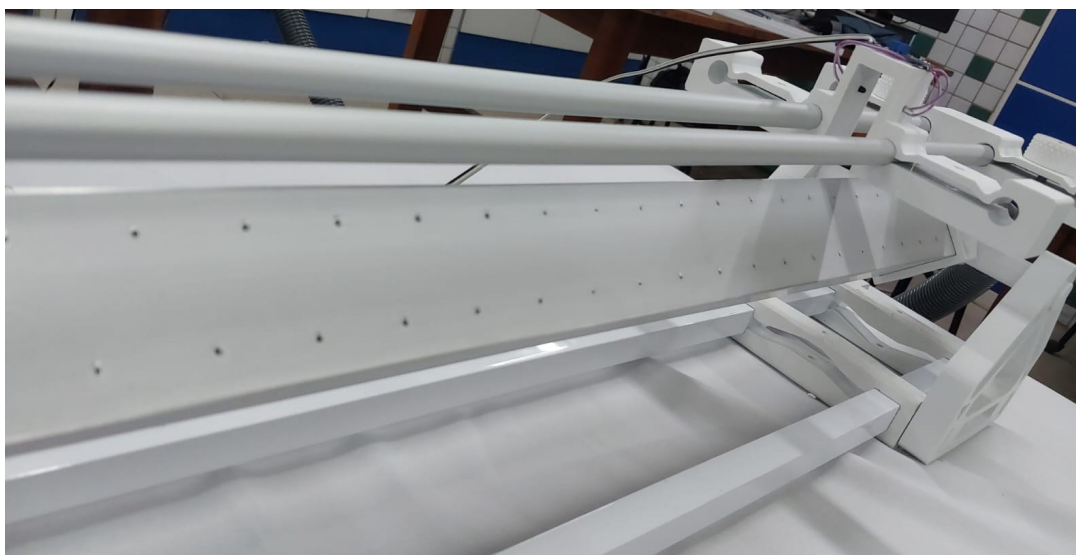
Por fim, os dois fixadores — um vertical e outro horizontal — ilustrados nas figuras 14 e 15, são utilizados para prender os tubos de alumínio que servem como guias para o carrinho. Esses tubos delimitam o percurso, permitindo que o carrinho se desloque entre as extremidades do trilho de forma livre e estável, simulando um movimento com atrito desprezível.

Em seguida, o trilho de ar foi fixado entre as bases, garantindo estabilidade para o conjunto. Dois tubos de alumínio foram posicionados sobre o trilho com o auxílio de duas peças de fixação, uma na orientação vertical e outra na horizontal, assegurando o correto alinhamento e firmeza da estrutura.

Vale destacar que este aparato experimental é de fácil montagem e desmontagem, graças à sua estrutura modular. Essa característica permite rápida adaptação conforme as necessidades do experimento ou as preferências do professor, tornando-o prático e versátil para o uso em ambientes educacionais.

A figura 16, apresentada a seguir, ilustra o trilho de ar já posicionado sobre as bases previamente montadas.

Figura 16 – Aparato Experimental.



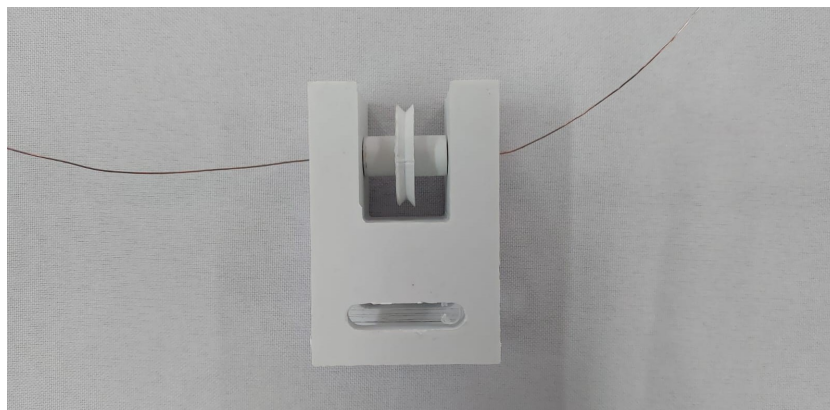
Fonte: (Autoria própria, 2025)

A próxima etapa consiste em acoplar uma roldana a uma das extremidades do trilho de ar, com o objetivo de possibilitar a realização de experimentos envolvendo sistemas de corpos e o movimento harmônico simples (MHS). A roldana tem a função de conectar o carrinho a um conjunto de massas por meio de um fio, permitindo a análise de grandezas físicas como aceleração, força resultante e variações de movimento em diferentes condições experimentais.

Esse recurso amplia as possibilidades de investigação no ambiente escolar, permitindo que os alunos observem, de forma prática, os efeitos da interação entre corpos conectados e o comportamento oscilatório em sistemas amortecidos ou não amortecidos.

A figura 17 apresenta uma peça de roldana produzida por meio de impressão 3D, projetada para ser facilmente acoplada à extremidade do trilho de ar, mantendo firmeza e alinhamento durante os experimentos.

Figura 17 – Roldana.

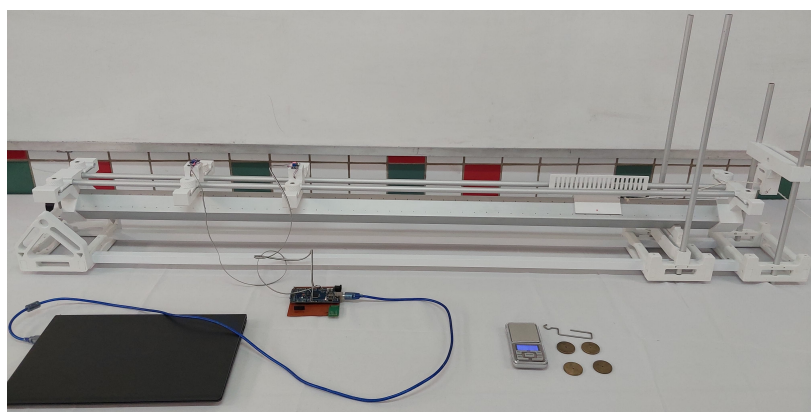


Fonte: (Autoria própria, 2025)

Por fim, foi utilizado um conjunto de massas padronizadas para a realização das práticas experimentais, em conjunto com uma balança de precisão, que permitiu medir com exatidão os valores necessários para os experimentos. Esses pesos foram empregados principalmente para analisar a relação entre força, massa e aceleração, conforme os princípios das Leis de Newton.

A figura 18, apresentada a seguir, mostra o aparato experimental completamente montado, pronto para ser utilizado nas atividades práticas em sala de aula.

Figura 18 – Trilho de ar e seus componentes.



Fonte: (Autoria própria, 2025)

Após a montagem do aparato experimental, o próximo passo consiste em desenvolver o funcionamento dos sensores que serão acoplados ao longo do trilho para a coleta de dados. Na seção a seguir, será apresentado um detalhamento mais claro sobre o funcionamento desses sensores, bem como suas aplicações no contexto experimental.

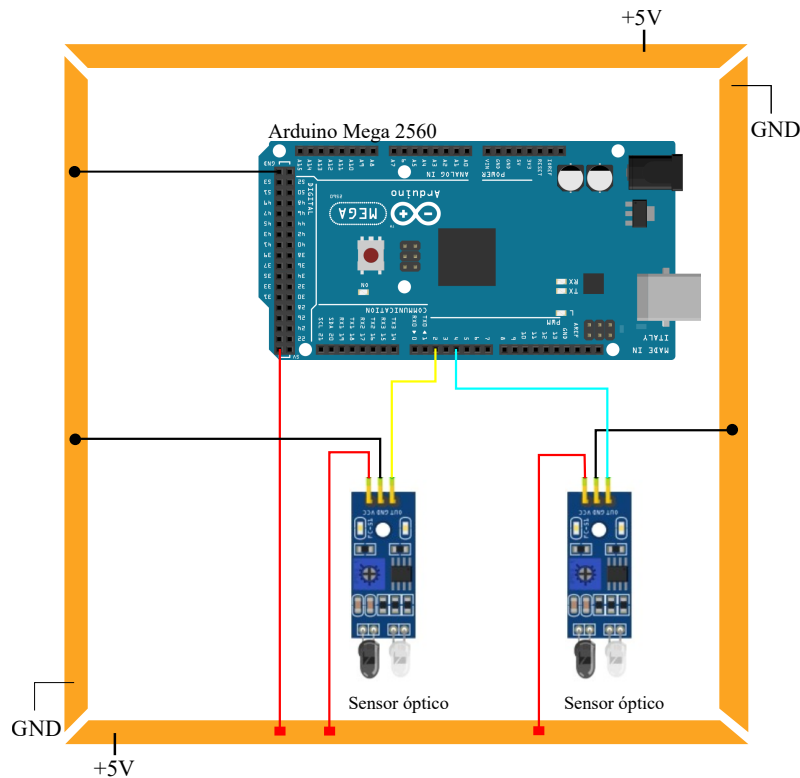
4.2 SENSORES E PLACA ELETRÔNICA

O aparato experimental proposto neste trabalho consiste em um circuito eletrônico cujo principal componente é a placa Arduino, que opera em conjunto com seu respectivo **firmware** e um conjunto de sensores infravermelhos para a coleta de dados durante e comunicação com computador os experimentos.

O sensor utilizado é composto por um emissor de luz infravermelha (um LED IR) e um fototransistor receptor, posicionados lado a lado. Quando a luz infravermelha emitida pelo LED é refletida por uma superfície próxima e retorna ao fototransistor que é ativado, convertendo o sinal luminoso em um sinal elétrico. Esse sinal é então enviado a um amplificador operacional que eleva o nível de tensão elétrica e permitindo a leitura pelo microcontrolador (Robótica, 2023).

Para a coleta de dados, foi utilizada a placa Arduino Mega 2560. No entanto, vale ressaltar que outras placas da plataforma Arduino também podem ser utilizadas sem prejuízo ao funcionamento do sistema, desde que possuam entradas compatíveis com os sensores empregados. A figura 19, apresenta um diagrama das conexões elétricas entre os sensores e Arduino.

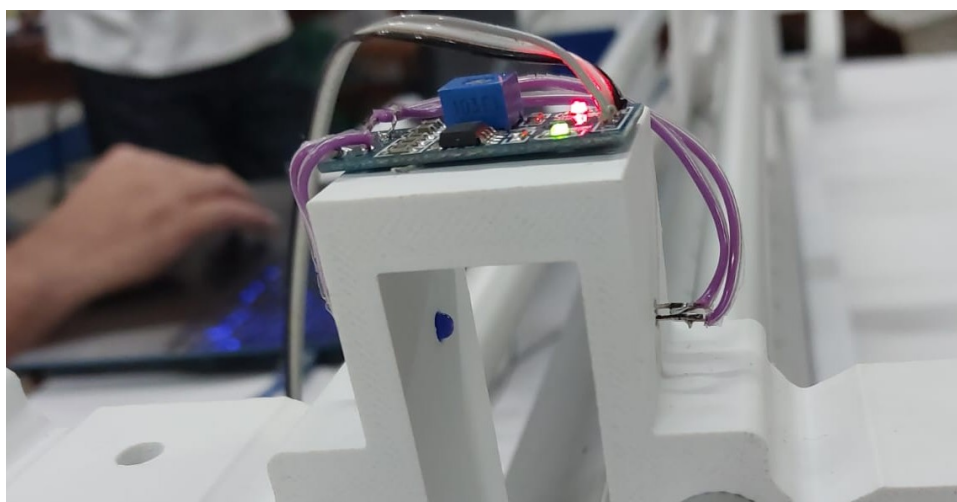
Figura 19 – Representação Esquemática do circuito.



Fonte: (Autoria Própria, 2025)

Em nosso aparato experimental, os sensores que foram adaptados pois em sua forma padrão eles operam detectando a reflexão do feixe infravermelho. Para nossa aplicação, removemos o LED e o fototransistor da placa e os posicionamos frente à frente de modo a formar uma “barreira de luz”. Conforme a figura 20.

Figura 20 – Sensores adaptados.



Fonte: (Autoria própria, 2025)

Nesta configuração a saída do sensor está sempre em nível lógico alto pois o feixe incide diretamente sobre o fototransistor. Quando as franjas da grade do carrinho no trilho interrompem o feixe temos uma comutação do sinal para nível lógico baixo que é então detectada pelo Arduino.

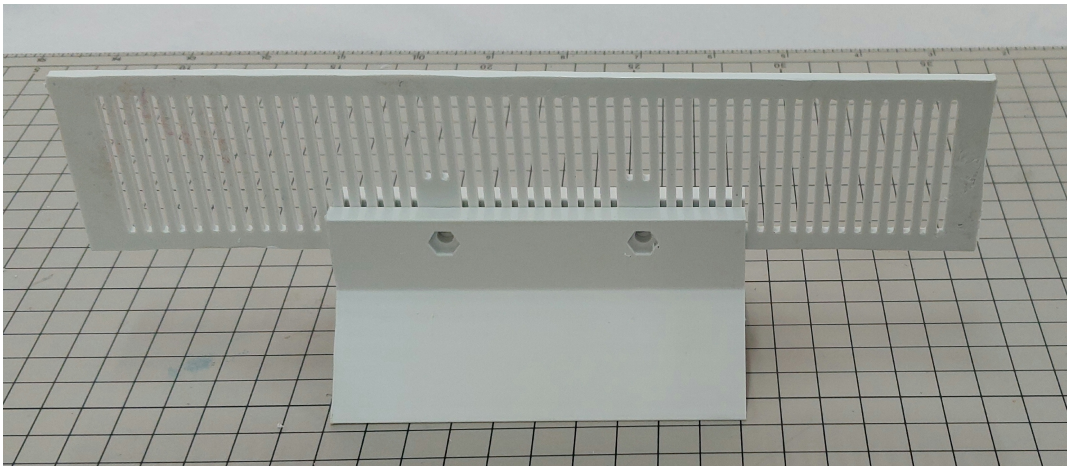
O código implementado no Arduino tem como objetivo detectar a passagem de um objeto por um sensor e medir o tempo que ele leva para atravessar a região.

Inicialmente, o pino do Arduino é configurado como entrada e setado para atender uma interrupção de mudança de estado lógico. Quando o objeto bloqueia o feixe, é disparada uma interrupção que registra a posição e o tempo e envia estes dados ao monitor serial. O mesmo ocorre quando o carrinho deixa de bloquear o feixe e temos um novo registro de posição e tempo final é registrado. A diferença de tempo é então calculada e então exibida no monitor serial. Os códigos utilizados para a realização deste experimento encontra-se nos apêndices desta monografia.

4.3 MEDIÇÃO DA POSIÇÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO

A medição do deslocamento no sistema proposto neste trabalho foi realizada utilizando um codificador linear impresso em 3D. O sistema é composto por um carrinho contendo uma grade vazada com espaçamento de 2 mm que ao se deslocar interrompe o feixe de luz infravermelha do sensor. Este dispositivo pode ser visto na figura 21.

Figura 21 – Carrinho com grade de espaçamentos.

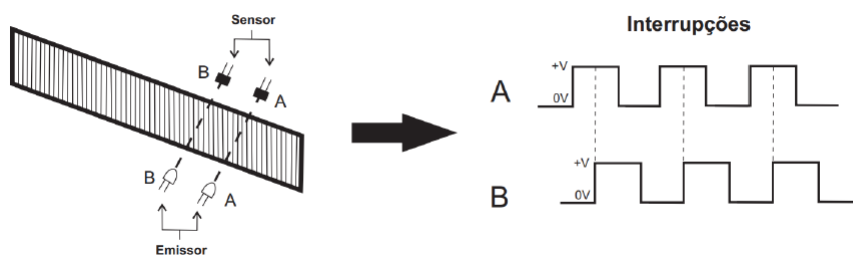


Fonte: (Autoria própria, 2025)

Com um único sensor podemos medir o movimento apenas em um sentido. Contudo, com o uso de um par de sensores podemos detectar o movimento nos dois sentidos o que é bastante importante em experimentos como colisões ou MHS.

A detecção do sentido de deslocamento é baseada no método da quadratura que é uma técnica que utiliza dois sinais defasados de 90° . Quando ocorre o movimento em sentido, o canal A se ativa primeiro e, logo em seguida, o sensor B. Se o movimento for na direção oposta, o canal B se ativa antes do canal A. Essa defasagem de 90° permite que um circuito de leitura identifique o sentido do deslocamento. Observe a figura 22, a seguir:

Figura 22 – Encoder óptico linear.



Fonte: (Vieira, 2022)

A conversão destes sinais em uma medida de posição é realizada contando-se o número de pulsos e multiplicando pela resolução do encoder (número de pulsos por unidade de comprimento).

4.4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Esta proposta educacional tem como objetivo promover a aprendizagem significativa por meio de uma sequência didática voltada para conteúdos de mecânica, com ênfase nas Leis de Newton e no Movimento Harmônico Simples. Cada sequência será desenvolvida em cinco etapas, focadas nos conceitos desses temas, utilizando um trilho de ar como recurso didático. O objetivo é proporcionar uma compreensão aprofundada dos conceitos, estimulando a construção ativa e contextualizada do conhecimento.

O aparato experimental permitirá que os alunos visualizem os fenômenos físicos envolvidos no processo, conciliando teoria e prática. A proposta inclui a criação de mapas conceituais para ajudar os alunos a organizar e conectar os conhecimentos, além de questionários destinados a avaliar a eficácia do aparato experimental e a aplicação dos conceitos.

A combinação de mapas conceituais e questionários visa assegurar um processo de ensino-aprendizagem eficaz e significativo, promovendo a reflexão dos alunos sobre os conteúdos e sua aplicação em diferentes contextos. Dessa forma, busca-se não apenas o domínio técnico dos conceitos de Física, mas também a construção de um aprendizado duradouro e relevante.

4.5 DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA - LEIS DE NEWTON

A sequência didática será estruturada em cinco aulas, com o objetivo de introduzir os conceitos das Leis de Newton para alunos do primeiro ano do Ensino Médio. As aulas serão desenvolvidas de forma progressiva, começando com uma introdução teórica sobre as três leis fundamentais do movimento, seguidas pela construção de mapas conceituais para facilitar a compreensão dos conceitos. A sequência também incluirá a utilização de um aparato experimental para proporcionar uma experiência prática, permitindo que os alunos observem e compreendam como as forças influenciam o movimento de objetos em diferentes situações.

Além disso, serão aplicados questionários avaliativos ao longo do processo para mensurar a eficácia das abordagens teóricas e práticas adotadas, além de verificar o impacto das ferramentas pedagógicas no desenvolvimento das habilidades dos alunos. A tabela 2 a seguir apresenta os elementos essenciais para o desenvolvimento dessa sequência didática, enfatizando que o conteúdo pode ser adaptado conforme as necessidades e o ritmo da turma.

Segue uma descrição detalhada dos tópicos que serão abordados nas aulas:

Tabela 1 – Sequência de aulas para as leis de Newton

Aulas	O que será desenvolvido
Aula 1	Construções de mapas conceituais prévios e utilização de elementos motivacionais.
Aula 2	Aula expositiva destinada à apresentação do conteúdo sobre as Leis de Newton e do roteiro para a montagem do aparato experimental.
Aula 3	Início das atividades experimentais com o trilho de ar.
Aula 4	Conclusão da prática experimental utilizando o trilho de ar.
Aula 5	Questionário final e aplicação da construção de mapas conceituais.

Fonte: (Autoria própria, 2025)

4.5.1 Aula 1

Durante a primeira aula sobre as Leis de Newton, será realizada a construção de mapas conceituais prévios, com o objetivo de identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre o tema e explorar suas percepções iniciais. Para tornar a atividade mais envolvente, serão apresentados desafios introdutórios e perguntas provocativas, como: “Você já reparou como as forças influenciam o movimento de objetos ao seu redor?” ou “Como você acha que essas leis podem explicar o funcionamento de veículos em movimento ou o lançamento de um foguete?”. Os alunos, organizados individualmente ou em grupos, criarão mapas conceituais para relacionar os conceitos já conhecidos sobre as leis de Newton. Após essa etapa, será realizada uma discussão coletiva, estimulando a troca de ideias, a valorização das contribuições dos alunos e a identificação de lacunas de conhecimento. Essa abordagem inicial não apenas facilita a organização do aprendizado, mas também desperta a curiosidade e o interesse pelo tema, proporcionando uma base sólida para a compreensão dos conceitos fundamentais da física.

4.5.2 Aula 2

Na segunda aula, será apresentada a introdução teórica sobre as Leis de Newton, conectando os conceitos com situações do cotidiano dos alunos. O professor explicará os fundamentos das três leis, destacando suas definições, características e exemplos práticos, como o impacto das forças na aceleração de um ciclista ou o uso de cintos de segurança para evitar danos em caso de colisões. Para enriquecer a abordagem teórica, serão distri-

buídos roteiros experimentais detalhando a montagem do aparato que será utilizado nas atividades práticas. Esses roteiros apresentarão os materiais necessários, o funcionamento do equipamento e os principais parâmetros que serão analisados durante as experiências. Essa estratégia tem como objetivo preparar os alunos para a aplicação prática dos conceitos de maneira clara e objetiva.

Além disso, serão incluídos elementos motivacionais, como a contextualização das Leis de Newton em desafios do mundo real, incentivando os alunos a refletirem sobre questões como: “De que forma engenheiros utilizam as Leis de Newton no desenvolvimento de tecnologias, como trens de alta velocidade ou sistemas de pouso em aeronaves?”. Essa aula busca consolidar a compreensão teórica e instigar o interesse dos alunos em aplicar os conceitos de maneira prática e envolvente.

4.5.3 Aula 3

Na Aula 3, terá início a prática experimental com o trilho de ar. Os alunos terão a oportunidade de utilizar o aparato experimental para explorar as Leis de Newton em um ambiente controlado. Serão incentivados a analisar como variáveis como força, massa e aceleração estão relacionadas, verificando na prática os princípios fundamentais que regem o movimento. A aula será focada na execução dos experimentos e na coleta de dados, com a orientação do professor para assegurar que todas as etapas do procedimento sejam compreendidas.

Durante a prática, serão feitos questionamentos para estimular a reflexão, como: “O que acontece com a aceleração quando aumentamos a força aplicada? E se aumentarmos a massa do objeto?”. Esses questionamentos servirão para conectar as observações feitas com os conceitos teóricos, promovendo uma compreensão mais aprofundada e prática das Leis de Newton.

4.5.4 Aula 4

A aula 4 será dedicada à conclusão da prática experimental sobre as Leis de Newton. Os alunos finalizarão a coleta de dados e organizarão as informações obtidas para analisar os resultados. Durante essa aula, haverá uma discussão coletiva para interpretar as observações realizadas e verificar como os resultados experimentais se conectam aos conceitos das três leis. O professor incentivará a participação ativa dos alunos, promovendo a resolução colaborativa de problemas e a troca de ideias sobre possíveis desafios enfrentados durante o experimento.

Esse momento será fundamental para reforçar o aprendizado, permitindo que os alunos compreendam como as Leis de Newton explicam fenômenos observados, como a relação entre força, massa e aceleração ou o impacto da inércia em sistemas reais. Essa abordagem consolida o vínculo entre teoria e prática, enriquecendo o processo de aprendizagem.

4.5.5 Aula 5

Por fim, a Aula 5 será dedicada à avaliação da aprendizagem e à construção de novos mapas conceituais. Inicialmente, os alunos responderão a um questionário que abordará os principais pontos trabalhados, avaliando tanto os conceitos teóricos quanto a prática experimental relacionada às Leis de Newton. Em seguida, os alunos criarão novos mapas conceituais, comparando-os com os elaborados na Aula 1. O professor orientará os alunos a refletirem sobre a evolução de seus conhecimentos, incentivando-os a identificar as novas relações e compreensões adquiridas ao longo das aulas.

A aula será encerrada com uma discussão coletiva sobre a importância de integrar teoria e prática no estudo das Leis de Newton, enfatizando como esses conceitos fundamentais ajudam a entender o funcionamento de diversos fenômenos do cotidiano. Esse momento final destacará os avanços e conquistas dos alunos, reforçando o aprendizado de maneira reflexiva e dinâmica.

4.6 DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA - MHS

A sequência didática será estruturada em cinco aulas, com o propósito de introduzir e explorar os conceitos de Movimento Harmônico Simples (MHS) com alunos do segundo ano do Ensino Médio. As atividades serão organizadas de maneira progressiva, contemplando desde a elaboração de mapas conceituais — que favorecem a aprendizagem significativa ao permitir a visualização das relações entre os conceitos — até a abordagem teórica dos fundamentos do MHS, a utilização de um aparato experimental para promover a integração entre teoria e prática, e a aplicação de questionários diagnósticos e avaliativos para verificar a efetividade da proposta no processo de aprendizagem.

Essa organização visa proporcionar uma experiência de aprendizagem mais completa, em que os alunos não apenas compreendam os aspectos conceituais do MHS, mas também desenvolvam habilidades investigativas e reflexivas ao manusear instrumentos e interpretar fenômenos físicos por meio da experimentação. Além disso, a proposta busca incentivar o protagonismo dos estudantes, promovendo um ambiente em que o conhecimento é construído de forma ativa e contextualizada. A tabela 2, a seguir, apresenta os principais elementos que compõem o desenvolvimento da sequência didática, ressaltando-se que as etapas podem ser adaptadas de acordo com as necessidades e especificidades de cada turma ou contexto escolar.

Segue uma descrição detalhada dos tópicos que serão abordados nas aulas:

4.6.1 Aula 1

Durante a primeira aula será realizada a construção de mapas conceituais prévios, com o objetivo de identificar os conhecimentos dos alunos sobre o tema e explorar suas percepções iniciais. Para tornar a atividade mais envolvente, serão incluídos elementos

Tabela 2 – Sequência de aulas para o MHS.

Aulas	O que será desenvolvido
Aula 1	Construções de mapas conceituais prévios e utilização de elementos motivacionais.
Aula 2	Aula expositiva destinada à apresentação do conteúdo sobre o Movimento Harmônico Simples e do roteiro para a montagem do aparato experimental.
Aula 3	Início das atividades experimentais com o trilho de ar.
Aula 4	Conclusão da prática experimental utilizando o trilho de ar.
Aula 5	Questionário final e aplicação da construção de mapas conceituais.

Fonte: (Autoria própria, 2025)

motivacionais, como a apresentação de desafios introdutórios e perguntas instigantes, como: *“Você já percebeu como pêndulos ou molas se movem de forma regular?”* ou *“Como esse movimento pode ser usado no funcionamento de relógios ou instrumentos musicais?”*. Os alunos, organizados individualmente ou em grupos, criarão mapas conceituais relacionando os conceitos que já conhecem sobre o MHS. Após essa etapa, será realizada uma discussão coletiva, incentivando a troca de ideias, a valorização das contribuições dos alunos e a identificação de lacunas de conhecimento. Essa abordagem inicial não só facilita a organização do aprendizado, mas também desperta a curiosidade e o interesse pelo tema.

4.6.2 Aula 2

A segunda aula será dedicada à introdução teórica sobre o Movimento Harmônico Simples (MHS) e à conexão entre teoria e prática. O professor apresentará os conceitos fundamentais, como definição, características e exemplos práticos do MHS no cotidiano, incluindo pêndulos, molas, balanços de parques e outros sistemas oscilatórios. Para complementar a abordagem teórica, serão distribuídos roteiros experimentais detalhados, que orientarão os alunos sobre os materiais utilizados, o funcionamento do aparato experimental e os principais parâmetros a serem explorados durante as práticas. Esses roteiros têm como objetivo preparar os estudantes de forma clara e organizada para as atividades experimentais.

Além disso, a aula contará com elementos motivacionais, como a contextualização do MHS em situações reais e desafiadoras, por meio de questionamentos instigantes,

como: “Como engenheiros e cientistas utilizam o MHS em tecnologias modernas, como amortecedores de carros ou dispositivos eletrônicos?”.

4.6.3 Aula 3

Na Aula 3, terá início a prática experimental com o trilho de ar. Os alunos terão a oportunidade de utilizar o aparato experimental para observar o comportamento oscilatório em um sistema controlado. Serão incentivados a explorar como variáveis como massa, força restauradora e deslocamento influenciam o movimento. A aula será voltada à execução dos experimentos e à coleta de dados, com orientação do professor para garantir que compreendam todas as etapas do procedimento. Serão feitos questionamentos durante a prática para promover a reflexão, como: *“O que acontece se aumentarmos a massa? E se diminuirmos a força aplicada?”*. Esses questionamentos ajudarão a conectar as observações feitas com os conceitos teóricos.

4.6.4 Aula 4

Durante a aula 4 será destinada à conclusão da prática experimental. Os alunos finalizarão a coleta de dados e organizarão as informações obtidas para analisar os resultados. Durante essa aula, haverá uma discussão coletiva para interpretar as observações realizadas e verificar como os resultados experimentais se conectam aos conceitos teóricos do MHS. O professor incentivará a participação ativa dos alunos, promovendo a resolução colaborativa de problemas e a troca de ideias sobre possíveis dificuldades encontradas no experimento. Esse momento reforça o aprendizado, mostrando a aplicação prática dos conceitos.

4.6.5 Aula 5

Por fim, a Aula 5 será voltada à avaliação da aprendizagem e à construção de novos mapas conceituais. Inicialmente, os alunos responderão a um questionário que abordará os principais pontos trabalhados, avaliando tanto os conceitos teóricos quanto a prática experimental. Em seguida, os alunos criarão novos mapas conceituais, comparando-os com os elaborados na Aula 1. O professor orientará os alunos a refletirem sobre a evolução de seus conhecimentos, incentivando-os a destacar as novas relações e compreensões que adquiriram ao longo das aulas. A aula será encerrada com uma discussão coletiva sobre a importância de integrar teoria e prática no estudo do MHS, com ênfase nos avanços e conquistas obtidos pelos alunos.

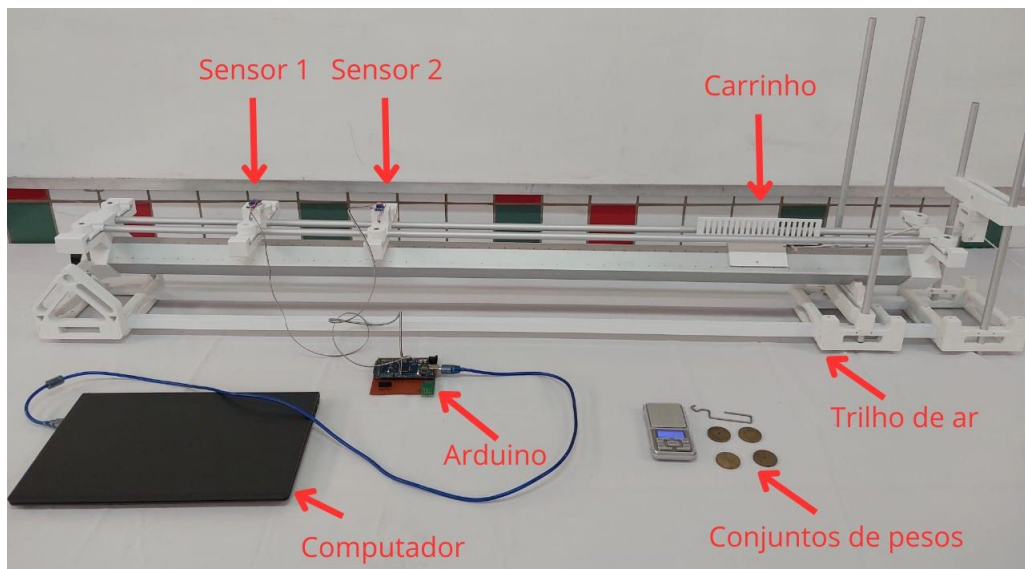
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresentamos aqui os resultados obtidos na etapa de validação do aparato experimental. Os dados foram obtidos seguindo os roteiros de prática experimental disponibilizados nos apêndices desta monografia.

5.1 RESULTADOS - LEIS DE NEWTON

Para este experimento, realizamos a montagem mostrada na figura 23, com o objetivo de medir e analisar o movimento de uma massa sob a influência de uma força, determinando sua posição em função do tempo. A partir desses dados, foi possível realizar uma análise gráfica para obter a aceleração e comparar os resultados experimentais com os valores teóricos.

Figura 23 – Trilho de ar e demais componentes.



Fonte: (Autoria própria, 2025)

O experimento é iniciado com carrinho posicionado em repouso em uma das extremidades do trilho de ar de modo que fique alinhado ao sensor, garantindo que o ponto de partida será posição $x = 0$. Um segundo sensor é posicionado na posição 21 cm, o que corresponde ao comprimento da cerca óptica. Isso faz com que utilizando apenas 2 sensores possamos cobrir um comprimento de aproximadamente 60 cm de deslocamento.

Em seguida, um fio inextensível é utilizado para conectar um carrinho que se desloca sobre o trilho de ar a uma massa suspensa. Esse fio passa por uma polia acoplada a uma das extremidades do trilho. A polia tem a função de redirecionar a força gravitacional exercida pela massa suspensa, transmitindo essa força ao carrinho de forma a colocá-lo em

movimento ao longo do trilho. Esse arranjo permite simular um sistema de dois corpos, em que a interação entre as massas pode ser analisada com base nas leis de Newton.

Para o experimento, foram realizadas quatro medições variando-se os valores das massas suspensas. Essa variação permite observar como diferentes forças aplicadas influenciam o movimento do carrinho, possibilitando a análise da aceleração e a comparação entre os dados experimentais e os resultados previstos teoricamente. Para nossas medidas utilizamos a seguinte expressão:

$$a = \frac{m_{total}}{(m_{total} + m_{carrinho})}g \quad (5.1)$$

Onde m_{total} representa a massa dos blocos e $m_{carrinho}$ corresponde à massa do carrinho. As massas foram medidas na ordem de 10^{-3} kg, enquanto a aceleração foi registrada em m/s^2 . A seguir, apresenta-se a tabela 3 com os dados obtidos:

Tabela 3 – Tabela com dados experimentais.

$m_{carrinho}$	m_{gancho}	m_p	m_{total}	$a_{calculada}$	a_{medida}	a_{total}	precisão (%)
142,28	7,67	22,6	30,27	1,719188641	0,98	1,96	0,8771370617
142,28	7,67	45,4	53,07	2,662329153	1,54	3,08	0,8643925821
142,28	7,67	68,44	76,11	3,415348688	2,3	4,6	0,7424671061
142,28	7,67	91,6	99,27	4,027513972	3,1	6,2	0,6495990278
242,08	7,67	91,6	99,27	2,849995606	2,06	4,12	0,6917465062

Fonte: (Autoria própria, 2025)

Dessa forma, inicialmente, foram pesados os corpos de prova que iríamos utilizar, conforme a tabela 3. Determinamos a massa do carrinho e a massa do gancho que sustenta os pesos. Em seguida, realizamos medições variando as massas. A cada medida, alteramos a massa, realizamos os cálculos na calculadora e efetuamos as medições por meio do Arduino, permitindo uma comparação em termos percentuais.

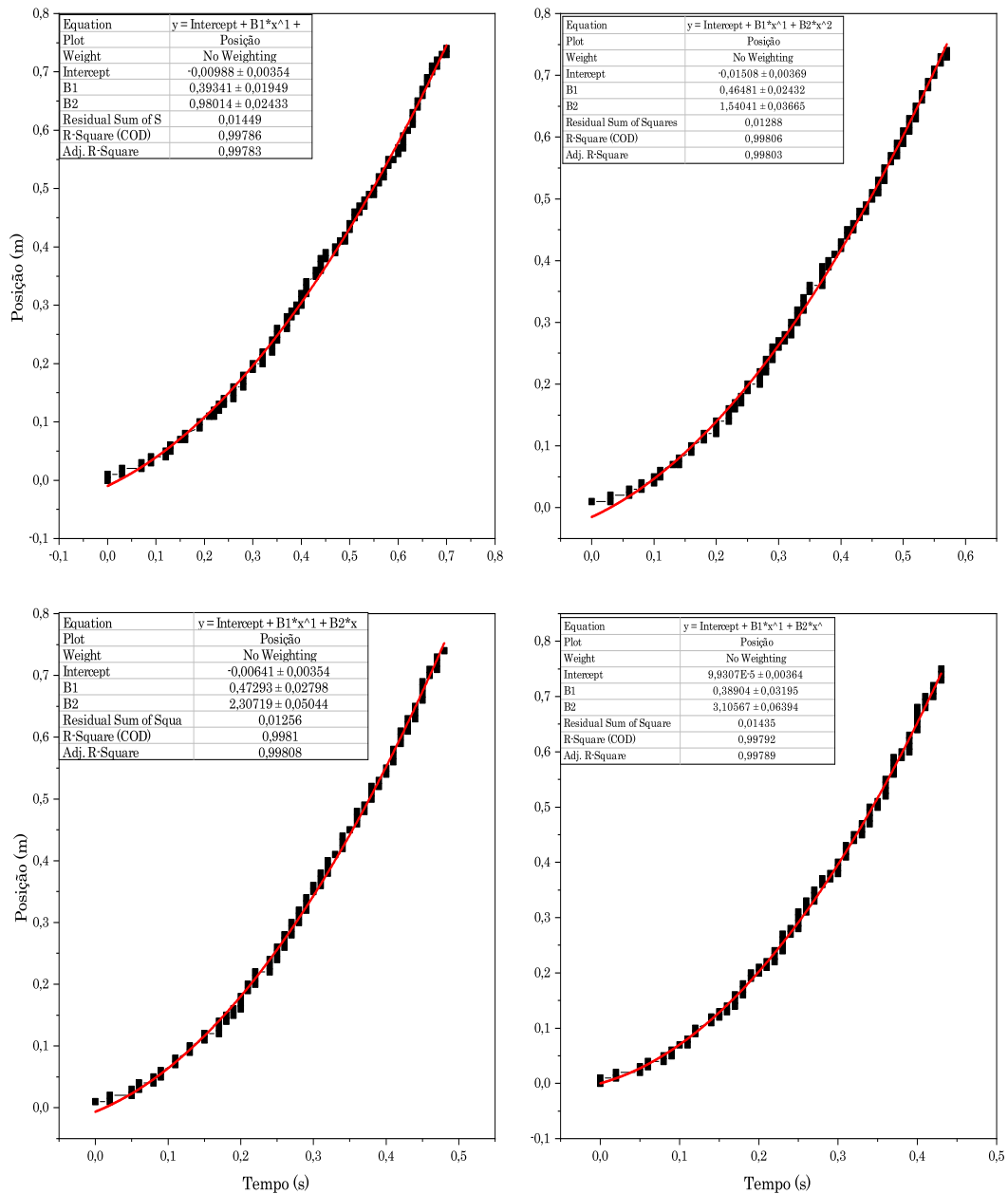
Após realizarmos as medições dos valores utilizados durante a prática experimental, observamos que, para as quatro medições realizadas, ao utilizarmos duas massas, o erro ficou entre 13% e 14%. A partir do momento em que alteramos para três massas, o erro variou entre 20% e 25%. Já com quatro massas, o erro aumentou para um intervalo de 30% a 40%. Isso indica que tivemos dificuldades na medição, consequência do modo como os dados estão sendo transferidos. Existe um intervalo de tempo entre a captura e o envio dos dados para o computador, o que faz com que a coleta e o armazenamento ocorram simultaneamente.

Dessa forma, observamos que, na configuração atual, o movimento não pode ser muito rápido, pois há perda de sinais, e o sistema não consegue capturar os dados adequadamente. Uma das possíveis soluções para esse problema é utilizar uma fita encoder de impressoras jato de tinta em conjunto com seus respectivos sensores, semelhante ao que já foi implementado para a medição da posição em função do tempo (Vieira, 2022).

Ao ser liberado, o carrinho inicia um movimento uniformemente variado e o Arduino realiza a medição da posição em função do tempo. Os dados na serial são então

coletados na serial da IDE do Arduino e inseridos em um software de análise gráfica como Origin ou SciDavis. Os resultados destas medidas podem ser vistas na figura 24.

Figura 24 – Gráficos da posição versus tempo.



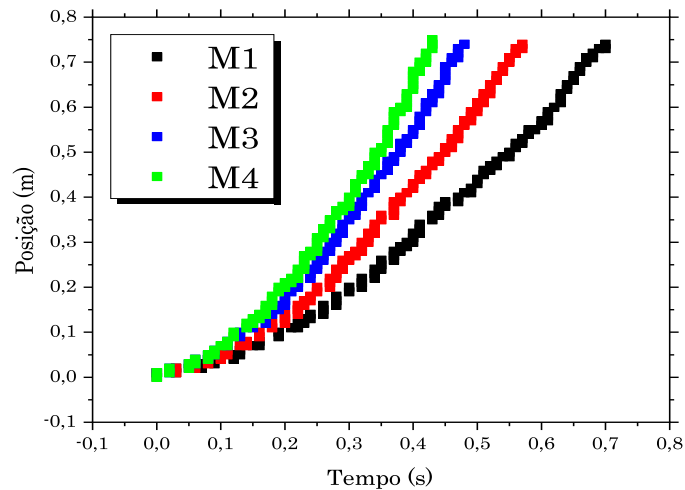
Fonte: (Autoria própria, 2025)

O esperado para um movimento uniformemente variado é a obtenção de uma parábola com concavidade voltada para cima, conforme previsto.

Conforme o esperado, o experimento apresentou resultados coerentes. A figura 25 abaixo mostra que, à medida que aumentamos a massa, a inclinação da parábola se torna

cada vez maior. Isso indica um crescimento progressivo da velocidade ao longo do tempo, o que está de acordo com o comportamento previsto para o movimento uniformemente variado.

Figura 25 – Comparação das medidas.



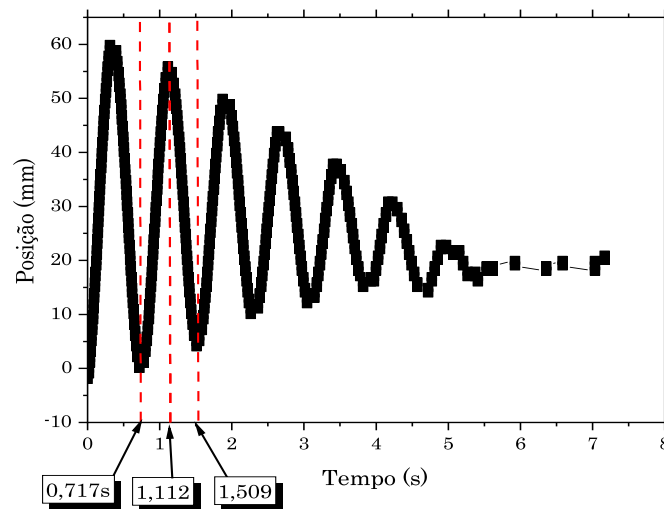
Fonte: (Autoria própria, 2025)

Durante o processo de construção e calibração do sistema, enfrentamos alguns problemas com os sensores escolhidos. Devido à dispersão do feixe infravermelho, foi necessário adotar um espaçamento de 5 mm na grade do carrinho, o que reduziu a resolução da medição. No entanto, após os ajustes e aprimoramentos no aparato experimental, foi possível obter medições confiáveis, comprovando sua eficácia.

5.2 RESULTADOS - MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

O movimento oscilatório foi analisado com base no roteiro experimental disponível nos apêndices desta monografia, referente ao Movimento Harmônico Simples. Os resultados obtidos a partir da atividade prática estão representados na figura 26.

Figura 26 – Posição em função do tempo para o MHS.



Fonte: (Autoria própria, 2025)

Podemos observar que o aparato desenvolvido para o estudo do MHS atende ao propósito para o qual foi concebido e vemos que é possível observar a forma onda característica de um movimento harmônico e, a partir dessa curva obter o período de oscilação.

Para nossas medições, o aparato experimental consistiu em uma massa acoplada a uma mola no lado direito. No lado esquerdo, um fio conectado à massa e passa por uma polia e se conecta a outra massa. O objetivo do experimento é excitar o carrinho e observar seu movimento periódico. Agora vamos montar as equações para cada sistema, para o sistema carrinho-mola, temos:

$$-kx + T = m_{car} \frac{d^2x}{dt^2} \quad (5.2)$$

Onde $-kx$ representa a força elástica da mola e T a tração no fio. Para o bloco suspenso de massa m_b , temos a seguinte expressão:

$$m_b - T = m_b \frac{d^2x}{dt^2} \quad (5.3)$$

Somando as equações 5.2 e 5.3, temos:

$$m_b - kx = (m_{car} + m_b) \frac{d^2x}{dt^2} \quad (5.4)$$

Agora isolando $\frac{d^2x}{dt^2}$ na nossa equação:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{m_b - kx}{(m_{car} + m_b)} \quad (5.5)$$

Agrupando os termos temos:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{m_b}{(m_{car} + m_b)}g + \frac{k}{(m_{car} + m_b)}x = 0 \quad (5.6)$$

Isso sugere que o sistema é um oscilador forçado, onde a força gravitacional da massa suspensa fornece um deslocamento inicial ao carrinho, enquanto a mola tenta restaurá-lo à posição de equilíbrio. Dependendo das condições iniciais, o sistema pode exibir oscilações amortecidas ou forçadas.

Para a prática experimental, inicialmente medimos a constante elástica da mola utilizada, obtendo o valor de aproximadamente 17,03 N/m. Em seguida medimos a massa do carrinho ($198,5 \cdot 10^{-3} kg$) e a massa dos pesos igual a $75,5 \cdot 10^{-3} kg$. Substituindo esses dados na equação 5.7, temos:

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{(198,5 + 75,5) \cdot 10^{-3}}{17,03}} \quad (5.7)$$

Dessa forma temos que período calculado é:

$$T_{calculado} \approx 0,64s \quad (5.8)$$

Os dados obtidos no Arduino foram semelhantes, ou seja, para o período por meio do experimento obtivemos os seguintes resultados:

$$T_{medido} \approx 0,78s \quad (5.9)$$

Dessa forma a prática experimental se mostrou confiável e com resultados satisfatórios, vale lembrar que o gráfico da figura 26, demonstra um sistema amortecido, onde ele decai com o passar do tempo em função do atrito.

Dessa forma, podemos concluir que o aparato experimental proposto é uma ferramenta promissora e de baixo custo para o ensino de Física experimental principalmente quando aliado a outras estratégias pedagógicas como mapas conceituais e atividades em grupo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas neste trabalho demonstram que a utilização de materiais produzidos por impressão 3D tem grande potencial para se consolidar como uma alternativa de baixo custo para o ensino experimental de Física. Os resultados obtidos indicam que o aparato desenvolvido apresenta precisão considerável em suas medições quando comparado a equipamentos sofisticados, evidenciando sua viabilidade como ferramenta didática acessível. Dado o alto custo e a escassez de materiais laboratoriais em muitas instituições de ensino, a confecção desse tipo de dispositivo surge como uma solução promissora.

A proposta do trilho de ar desenvolvido com impressão 3D representa um avanço significativo nesse contexto, pois permite a realização de experimentos sobre cinemática e dinâmica de forma acessível e precisa. A combinação desse aparato com sensores controlados por Arduino possibilita a coleta e análise de dados experimentais, favorecendo a compreensão dos conceitos físicos por meio da experimentação e da análise quantitativa dos fenômenos.

Além disso, a integração do aparato experimental com a plataforma Arduino potencializa seu uso para medições e experimentos, ampliando suas possibilidades pedagógicas. Para maximizar seu impacto na aprendizagem, a implementação de uma sequência didática estruturada torna-se essencial. Essa sequência deve contemplar desde a exploração inicial do aparato até a realização de atividades investigativas, promovendo uma abordagem construtivista e baseada em metodologias ativas. Dessa forma, os estudantes são incentivados a formular hipóteses, testar suas previsões e interpretar os dados coletados, tornando o aprendizado mais dinâmico e significativo.

A inclusão da construção de mapas conceituais no processo também reforça a organização e a compreensão dos conceitos científicos pelos alunos. Os mapas conceituais auxiliam na estruturação do conhecimento, permitindo que os estudantes visualizem as relações entre os diferentes conceitos abordados ao longo das atividades experimentais. Isso contribui para uma aprendizagem mais profunda e integrada, favorecendo a retenção e aplicação do conhecimento em diferentes contextos.

Dessa forma, este estudo reafirma a importância de estratégias inovadoras para o ensino de Física, especialmente no contexto educacional atual, no qual há uma crescente demanda por abordagens que tornem o aprendizado mais interativo e acessível. O desenvolvimento de recursos experimentais de baixo custo, alinhado ao uso de tecnologias educacionais e a uma sequência didática bem estruturada, representa um avanço significativo para o nosso sistema de ensino.

REFERÊNCIAS

- BANZI, M. **Getting Started with Arduino**. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc, 2011. 130 p.
- BARROSO, F. F. *et al.* Formação de imagens na óptica geométrica por meio do método gráfico de pierre lucie. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 2, p. e2501, 2018.
- BATISTA, M. A. C.; FUSINATO, P. B.; BLINI, R. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de física. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, 2009. ISSN 1679-7361. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=307325328006>>.
- BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996: Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Brasília: Presidência da República, 2015.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2018.
- BÔAS, N. V.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, J. G. **Tópicos de Física 1: Mecânica**. 19. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. Rio de Janeiro: LTC, 1993. v. 1. 82 p.
- HOCHENBAUM, M. E. J. N. **Arduino em ação**. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2013.
- JÚNIOR, J. F. C. *et al.* Um olhar pedagógico sobre a aprendizagem significativa de david ausubel. **Rebena-Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, v. 5, p. 51–68, 2023.
- KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU/USP, 1987.
- MACHADO, N. L. R.; PASTORIO, D. P. Uma revisão da literatura sobre a integração das tecnologias da informação e comunicação com atividades experimentais no ensino de física. **Revista Dynamis. Blumenau, FURB. Vol. 28 no. 1 (2022), p. 164-185**, 2022.
- MCROBERTS, M. **Arduíno Básico**. São Paulo: Novatec Editora Ltda., 2015.
- MOREIRA, M.; BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999. v. 2.
- MOREIRA, M. A. Ensino de física no brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista brasileira de ensino de física**. São Paulo. Vol. 22, n. 1 (mar. 2000), p. 94-99, 2000.

- MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **São Paulo**, 2013.
- MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de física. **Estudos avançados**, v. 32, n. 94, p. 73–80, 2018.
- MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO Brasil, v. 43, p. e20200451, 2021.
- MOREIRA, M. P. C. *et al.* Contribuições do arduino no ensino de física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 35, n. 3, p. 721–745, 2018.
- NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H.; MENDONÇA, V. Melo de. O ensino de ciências no brasil: história, formação de professores e desafios atuais. **Revista HISTEDBR On-line**, v. 10, 01 2010.
- NASCIMENTO, T. L. D. Repensando o ensino da física no ensino médio. 2010.
- PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. d. A. O que dizem as pesquisas sobre atividades prático-experimentais publicadas em periódicos brasileiros de ensino de ciências entre 2001 e 2015? **Revista Thema**, v. 15, n. 3, p. 951–961, ago. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/901>>.
- PINTO, M. d. C. **Aplicação de arquitetura pedagógica em curso de robótica educacional com hardware livre**. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Educação)) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- ROBOTICA. **Como utilizar o sensor de obstáculo reflexivo infravermelho (IR) com Arduino**. 2023. Disponível em: Blog da Robótica. Acessado em: 2024-10-01. Disponível em: <<https://www.blogdarobotica.com/2023/04/18/como-utilizar-o-sensor-de-obstaculo-reflexivo-infravermelho-ir-com-arduino/>>.
- SAMPAIO, G. F. O uso do arduino no ensino de física: Uma abordagem construcionista sobre o ensino da mecânica clássica. 2023.
- SCHUARTZ, A. S.; SARMENTO, H. B. d. M. Tecnologias digitais de informação e comunicação (tdic) e processo de ensino. **Revista katálysis**, v. 23, p. 429–438, 2020.
- SILVA, Â. C. d. Educação e tecnologia: entre o discurso e a prática. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, v. 19, n. 72, p. 527–554, 2011.
- SOUSA, D. C. **Uma proposta de sequência didática utilizando aulas experimentais para o estudo de mecânica**. 2025. <<https://github.com/douglasfisica1618/Uma-Proposta-de-Sequencia-Didatica-Utilizando-Aulas-Experimentais-Para-o-estudo-de-Mec-nica.git>>. Repositório no GitHub.
- TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciências & cognição**, Instituto de Ciências Cognitivas, v. 12, p. 72–85, 2007.
- TESTA, M. J. *et al.* Um olhar para a disciplina curricular cultura digital do novo ensino médio: a relação das tecnologias digitais de informação e comunicação e o ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, p. e20230048, 2023.

VACCAREZZA, L. S. Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en américa latina. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 18, p. 13–40, sep. 1998. Disponível em: <<https://rieoei.org/RIE/article/view/1090>>.

VIEIRA, R. F. **Velocidade do som em um gas: Um experimento utilizando Arduino**. Monografia (Graduacao em Licenciatura em Fisica) — Instituto Federal de Educacao Ciencia e Tecnologia do Piaui, Campus Parnaiba, Parnaiba, 2022. Disponível em: <<http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/981>>. Acesso em: 17 fev. 2025.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.; FORD, A. L. **Física I: Mecânica**. 4. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

APÊNDICE A – PLANOS DE AULAS

Aula 1 - Leis de Newton

Tempo sugerido: 1 aula - 45 a 50 minutos

Introdução

Nesta atividade, os estudantes irão construir mapas conceituais prévios para explorar suas percepções iniciais e identificar o conhecimento que já possuem sobre as Leis de Newton. A proposta busca engajar os alunos por meio de perguntas provocativas e estimular a curiosidade pelo tema.

Objetivos

- Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre as Leis de Newton.
- Relacionar os conceitos discutidos em sala com situações práticas do dia a dia.
- Desenvolver habilidades de organização e síntese por meio da construção de mapas conceituais.

Materiais

- Papel, canetas ou lápis de cor para os mapas conceituais.
- Apresentação ou quadro para registrar as contribuições dos alunos durante a discussão coletiva.

Instruções para o professor

Início da aula (10 minutos):

1. Inicie a aula com uma conversa sobre como forças influenciam o movimento de objetos no cotidiano.
2. Apresente perguntas provocativas para estimular a curiosidade, como:
 - “Você já reparou como as forças influenciam o movimento de objetos ao seu redor?”

- “Como você acha que essas leis podem explicar o funcionamento de veículos em movimento ou o lançamento de um foguete?”
3. Peça aos alunos que reflitam sobre essas questões enquanto você explica o objetivo da atividade.

Construção dos mapas conceituais (20 minutos):

1. Organize os alunos individualmente ou em pequenos grupos.
2. Solicite que cada aluno ou grupo construa um mapa conceitual inicial sobre as Leis de Newton. Explique que eles devem incluir o que já sabem ou imaginam sobre o tema, conectando ideias de forma lógica.
3. Circule pela sala, orientando e ajudando os estudantes a estruturar os mapas, caso necessário.

Discussão coletiva (15 minutos):

1. Após a construção dos mapas, reúna a turma para uma discussão coletiva.
2. Peça que alguns alunos ou grupos compartilhem seus mapas. Anote os principais conceitos no quadro ou em uma apresentação.
3. Promova o debate, valorizando as contribuições dos alunos e destacando conexões corretas ou ideias que precisam de esclarecimento.
4. Identifique lacunas de conhecimento para direcionar as próximas aulas.

Habilidades e Competências

- Desenvolver o pensamento crítico e reflexivo por meio da análise de conceitos físicos.
- Relacionar conhecimento prévio com novos conceitos, promovendo a aprendizagem significativa.
- Trabalhar em equipe e valorizar a troca de ideias para ampliar o entendimento coletivo.

Aula 2 - Lei de Newton

Tempo sugerido: 1 aula - 45 a 50 minutos

Introdução

Nesta aula, os alunos serão introduzidos aos conceitos teóricos das Leis de Newton, estabelecendo uma conexão entre a teoria e situações do cotidiano. O professor apresentará os fundamentos das três leis, enfatizando suas definições, características e aplicações práticas, como o efeito das forças na aceleração de um ciclista ou a importância do uso de cintos de segurança em casos de colisão.

Além disso, para complementar a explicação teórica, será utilizado um roteiro experimental detalhado, que orientará a montagem do aparato a ser utilizado nas atividades práticas subsequentes. Esse roteiro descreverá os materiais necessários, o funcionamento do equipamento e os principais parâmetros a serem analisados, proporcionando uma compreensão clara e contextualizada do experimento.

Objetivos

- Apresentar a fundamentação teórica das Leis de Newton e suas aplicações práticas.
- Relacionar os conceitos teóricos com situações cotidianas e tecnológicas.
- Preparar os alunos para a aplicação prática dos conceitos durante as atividades experimentais.

Materiais

- Roteiro para utilização do aparato experimental.
- Apresentação ou quadro para ilustrar os conceitos teóricos.

Instruções para o professor

Início da aula (10 minutos):

1. Inicie a aula contextualizando as Leis de Newton com situações do cotidiano, como:
 - O impacto das forças na aceleração de um ciclista.
 - O uso de cintos de segurança para evitar danos em colisões.

2. Explique o objetivo da aula, destacando a importância das Leis de Newton na compreensão de fenômenos físicos.

Explicação teórica (20 minutos):

1. Apresente os fundamentos das três Leis de Newton, destacando suas definições e características.
2. Forneça exemplos práticos para cada lei, como:
 - Primeira Lei: Objetos em repouso ou em movimento retilíneo uniforme permanecem assim na ausência de forças externas.
 - Segunda Lei: A relação entre força, massa e aceleração.
 - Terceira Lei: Ação e reação.
3. Utilize o roteiro para montagem do aparato experimental, destacando os materiais necessários, o funcionamento e os parâmetros a serem analisados.

Discussão motivacional (15 minutos):

1. Inclua elementos motivacionais, contextualizando as Leis de Newton em desafios reais, como:
 - Desenvolvimento de trens de alta velocidade.
 - Sistemas de pouso em aeronaves.
2. Proponha perguntas reflexivas, como:
 - “De que forma engenheiros utilizam as Leis de Newton no desenvolvimento de tecnologias?”
 - “Como esses conceitos podem ser aplicados na criação de inovações?”
3. Promova o debate para consolidar a compreensão teórica e instigar o interesse dos alunos em aplicar os conceitos de maneira prática e envolvente.

Habilidades e Competências

- Desenvolver o pensamento crítico ao refletir sobre a aplicação dos conceitos em situações reais.
- Relacionar conhecimento teórico com atividades experimentais para promover a aprendizagem significativa.

Aula 3 - Leis de Newton

Tempo sugerido: 1 aula - 45 a 50 minutos

Introdução

Para esta aula, os alunos irão iniciar a prática experimental utilizando o trilho de ar. Essa atividade proporcionará uma oportunidade de explorar as Leis de Newton em um ambiente controlado, analisando a relação entre variáveis como força, massa e aceleração. A prática permitirá que os estudantes verifiquem, na prática, os princípios fundamentais que descrevem o movimento.

A aula será dedicada à realização dos experimentos e à coleta de dados, com o professor orientando cada etapa do procedimento para garantir que os conceitos sejam plenamente compreendidos.

Ao longo da atividade, serão feitos questionamentos para estimular a reflexão e conectar teoria e prática, como: “Como a aceleração varia ao aumentarmos a força aplicada? E o que acontece se aumentarmos a massa do objeto?”. Esses questionamentos têm como objetivo aprofundar o entendimento dos alunos sobre as Leis de Newton por meio da análise dos resultados observados.

Objetivos

- Aplicar os conceitos das Leis de Newton em um experimento prático.
- Relacionar as variáveis força, massa e aceleração de forma experimental.
- Promover a compreensão prática dos princípios fundamentais do movimento.
- Estimular o pensamento crítico por meio de questionamentos reflexivos.

Materiais

- Trilho de ar e acessórios.
- Pesos e cronômetros para os experimentos.
- Quadro ou apresentação para registro de dados coletados.

Instruções para o professor

Início da aula (10 minutos):

1. Explique brevemente o objetivo da aula, destacando a importância de observar na prática como as variáveis força, massa e aceleração se relacionam.
2. Contextualize o uso do trilho de ar como uma ferramenta para minimizar o atrito e facilitar a análise do movimento.

Prática experimental (30 minutos):

1. Divida os alunos em pequenos grupos e distribua os materiais necessários para o experimento.
2. Oriente os alunos a:
 - Configurar o trilho de ar com os pesos e o cronômetro.
 - Variar a força aplicada e medir a aceleração resultante.
 - Alterar a massa do objeto e observar como isso impacta a aceleração.
3. Circule pela sala para auxiliar os grupos, garantindo que todos compreendam e executem corretamente as etapas.

Discussão coletiva (10 minutos):

1. Reúna a turma para discutir os resultados obtidos.
2. Proponha perguntas reflexivas, como:
 - “Como as observações feitas confirmam ou contradizem as previsões teóricas?”
 - “Quais fatores podem ter influenciado os resultados obtidos?”
3. Relacione os resultados com os conceitos das Leis de Newton, consolidando o aprendizado.

Habilidades e Competências

- Desenvolver habilidades de observação e análise de dados experimentais.
- Relacionar teoria e prática, promovendo uma aprendizagem significativa.
- Estimular o trabalho em equipe e a troca de ideias durante a execução do experimento.
- Consolidar o pensamento crítico por meio da interpretação de resultados.

Aula 4 - Leis de Newton

Tempo sugerido: 1 aula - 45 a 50 minutos

Introdução

Esta aula será dedicada à conclusão da prática experimental que foi abordada na aula anterior, com foco no encerramento da coleta de dados e na organização das informações obtidas. Os alunos terão a oportunidade de analisar os resultados, interpretando as observações realizadas e verificando como elas se conectam aos conceitos fundamentais das leis de Newton.

Objetivos

- Finalizar a coleta e organização dos dados experimentais.
- Analisar os resultados e conectá-los aos conceitos das Leis de Newton.
- Promover a troca de ideias e a resolução colaborativa de problemas.
- Consolidar o vínculo entre teoria e prática.

Materiais

- Dados coletados durante a prática experimental.
- Quadro ou apresentação para registro das análises.
- Calculadoras ou dispositivos para organização dos dados.

Instruções para o professor

Início da aula (10 minutos):

1. Relembre brevemente os objetivos da prática experimental.
2. Explique a importância de analisar os dados para validar os conceitos teóricos.

Análise de dados e discussão (30 minutos):

1. Oriente os alunos a:
 - Revisar os dados coletados e identificar possíveis padrões ou discrepâncias.
 - Organizar as informações em tabelas ou gráficos para facilitar a interpretação.
2. Promova a análise colaborativa, incentivando a troca de ideias entre os grupos.
3. Circule pela sala para auxiliar os alunos na interpretação dos resultados.

Conclusão coletiva (10 minutos):

1. Conduza uma discussão para conectar os resultados experimentais aos conceitos das Leis de Newton.
2. Proponha perguntas reflexivas, como:
 - "Os resultados confirmam as previsões teóricas? Por quê?"
 - "Quais foram os maiores desafios enfrentados durante o experimento?"
3. Encerre a aula destacando a importância da relação entre teoria e prática na Física.

Habilidades e Competências

- Desenvolver habilidades de análise e interpretação de dados.
- Relacionar os resultados experimentais aos conceitos teóricos.
- Trabalhar em equipe e valorizar a troca de ideias durante a análise.
- Consolidar a compreensão das Leis de Newton por meio da prática e reflexão.

Aula 5 - Leis de Newton

Tempo sugerido: 1 aula - 45 a 50 minutos

Introdução

Esta aula terá como foco a avaliação do aprendizado e a criação de novos mapas conceituais. Os alunos começarão respondendo a um questionário sobre os conceitos teóricos e práticos das Leis de Newton. Depois, farão novos mapas conceituais, comparando-os com os da Aula 1, refletindo sobre o que aprenderam e como evoluíram. O professor guiará essa reflexão, ajudando os alunos a identificar novas conexões e entendimentos.

No final da aula, haverá uma discussão em grupo sobre a importância de unir teoria e prática no estudo das Leis de Newton, mostrando como esses conceitos explicam fenômenos do dia a dia. A aula terminará destacando o progresso dos alunos, reforçando o aprendizado de forma dinâmica e reflexiva.

Objetivos

- Avaliar a aprendizagem dos alunos por meio de um questionário.
- Construir novos mapas conceituais, comparando-os com os da Aula 1.
- Refletir sobre a evolução do conhecimento e as novas compreensões adquiridas.
- Discutir a importância da integração entre teoria e prática no estudo das Leis de Newton.

Materiais

- Questionário de avaliação.
- Materiais para construção de mapas conceituais (papel, canetas, softwares, etc.).
- Quadro ou apresentação para registro das reflexões e discussões.

Instruções para o professor

Início da aula (10 minutos):

1. Apresente os objetivos da aula e a importância da avaliação e reflexão.
2. Distribua o questionário e explique as instruções para os alunos.

Avaliação e construção de mapas conceituais (30 minutos):

1. Oriente os alunos a:
 - Responder ao questionário individualmente.
 - Criar novos mapas conceituais, comparando-os com os da Aula 1.
2. Circule pela sala para auxiliar os alunos na construção dos mapas e na reflexão sobre a evolução do conhecimento.

Conclusão coletiva (10 minutos):

1. Conduza uma discussão coletiva sobre a importância de integrar teoria e prática no estudo das Leis de Newton.
2. Proponha perguntas reflexivas, como:
 - "Quais foram as principais mudanças nos seus mapas conceituais?"
 - "Como a prática experimental ajudou a compreender os conceitos teóricos?"
3. Encerre a aula destacando os avanços e conquistas dos alunos, reforçando o aprendizado de maneira reflexiva e dinâmica.

Habilidades e Competências

- Avaliar a compreensão dos conceitos teóricos e práticos das Leis de Newton.
- Desenvolver habilidades de síntese e organização de ideias por meio de mapas conceituais.
- Refletir sobre a evolução do conhecimento e identificar novas compreensões.
- Valorizar a integração entre teoria e prática no estudo da Física.

Aula 1 - Movimento Harmônico Simples

Tempo sugerido: 1 aula - 45 a 50 minutos

Introdução

Nesta primeira aula, os alunos construirão mapas conceituais prévios sobre Movimento Harmônico Simples (MHS), com o objetivo de identificar seus conhecimentos iniciais sobre o tema e explorar suas percepções. A atividade será enriquecida com elementos motivacionais, como desafios introdutórios e perguntas instigantes, para despertar a curiosidade e o interesse pelo conteúdo. Após a construção dos mapas, haverá uma discussão coletiva para troca de ideias e identificação de lacunas de conhecimento.

Objetivos

- Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre MHS.
- Construir mapas conceituais individuais ou em grupo.
- Promover a discussão coletiva e a troca de ideias.
- Despertar a curiosidade e o interesse pelo tema através de perguntas motivadoras.

Materiais

- Materiais para construção de mapas conceituais (papel, canetas, softwares, etc.).
- Quadro ou apresentação para registro das ideias dos alunos.
- Exemplos de sistemas que envolvem MHS (pêndulos, molas, relógios, instrumentos musicais).

Instruções para o professor

Início da aula (10 minutos):

1. Apresente o tema da aula e sua importância no estudo da Física.
2. Utilize perguntas motivadoras, como:
 - “Você já percebeu como pêndulos ou molas se movem de forma regular?”

- “Como esse movimento pode ser usado no funcionamento de relógios ou instrumentos musicais?”
3. Explique a atividade de construção dos mapas conceituais.

Construção dos mapas conceituais (25 minutos):

1. Oriente os alunos a:
 - Criar mapas conceituais individuais ou em grupo, relacionando os conceitos que já conhecem sobre MHS.
 - Incluir exemplos práticos e aplicações do MHS.
2. Circule pela sala para auxiliar os alunos e estimular a reflexão.

Discussão coletiva (15 minutos):

1. Conduza uma discussão coletiva sobre os mapas conceituais produzidos.
2. Incentive os alunos a compartilhar suas ideias e percepções.
3. Identifique lacunas de conhecimento e destaque conceitos importantes.
4. Encerre a aula reforçando a importância do MHS e sua aplicação em situações cotidianas.

Habilidades e Competências

- Identificar e organizar conhecimentos prévios sobre MHS.
- Desenvolver habilidades de síntese e representação gráfica de ideias.
- Promover a colaboração e a troca de conhecimentos em grupo.
- Estimular a curiosidade e o interesse por fenômenos físicos.

Aula 2 - Movimento Harmônico Simples

Tempo sugerido: 1 aula - 45 a 50 minutos

Introdução

Nesta segunda aula, os alunos serão introduzidos aos conceitos teóricos do Movimento Harmônico Simples (MHS) e sua conexão com aplicações práticas. O professor apresentará as características fundamentais do MHS e exemplos cotidianos, preparando os estudantes para as atividades experimentais através de roteiros detalhados. A aula incluirá elementos motivacionais que relacionam o MHS com tecnologias modernas, despertando o interesse dos alunos pelo tema.

Objetivos

- Apresentar os conceitos teóricos básicos do MHS
- Relacionar a teoria com exemplos práticos do cotidiano
- Preparar os alunos para as atividades experimentais
- Estimular a curiosidade através de aplicações tecnológicas do MHS

Materiais

- Apresentação teórica sobre MHS (slides ou quadro)
- Roteiros experimentais detalhados
- Materiais para demonstração (pêndulo, sistema massa-mola)
- Exemplos visuais de aplicações (amortecedores, relógios, etc.)

Instruções para o professor

Introdução teórica (20 minutos):

1. Apresente os conceitos fundamentais do MHS:
 - Definição e características principais
 - Equações básicas do movimento

- Parâmetros importantes (amplitude, período, frequência)
2. Contextualize com exemplos práticos:
 - Pêndulos e sistemas massa-mola
 - Balanços de parque
 - Aplicações tecnológicas (questionamento motivador: "Como engenheiros usam MHS em amortecedores ou dispositivos eletrônicos?")

Preparação para atividades práticas (20 minutos):

1. Distribua os roteiros experimentais
2. Explique:
 - Materiais que serão utilizados
 - Funcionamento do aparato experimental
 - Parâmetros a serem medidos e analisados
3. Demonstre brevemente um experimento simples

Encerramento (10 minutos):

1. Resuma os pontos principais da aula
2. Destaque a importância do MHS em diversas áreas
3. Responda às dúvidas dos alunos
4. Antecipe brevemente o que será feito na próxima aula

Habilidades e Competências

- Compreender os conceitos teóricos básicos do MHS
- Relacionar teoria com fenômenos do cotidiano
- Preparar-se adequadamente para atividades experimentais
- Reconhecer a aplicação do MHS em contextos tecnológicos

Aula 3 - Movimento Harmônico Simples

Tempo sugerido: 1 aula - 45 a 50 minutos

Introdução

Esta aula marca o início das atividades práticas com o trilho de ar, onde os alunos poderão observar diretamente o comportamento oscilatório em um sistema controlado. O foco será na exploração de como diferentes variáveis (massa, força restauradora e deslocamento) influenciam o movimento harmônico simples. Durante a prática, questionamentos reflexivos serão utilizados para ajudar os alunos a fazer conexões entre as observações experimentais e os conceitos teóricos estudados.

Objetivos

- Realizar experimentos com o trilho de ar para observar o MHS
- Investigar como massa, força e deslocamento afetam o movimento
- Coletar dados experimentais de forma sistemática
- Estabelecer relações entre observações práticas e teoria

Materiais

- Trilho de ar completo com acessórios
- Conjunto de massas padronizadas
- Sensores de movimento (se disponíveis)
- Cronômetros
- Roteiros experimentais
- Planilhas para registro de dados

Instruções para o professor

Preparação inicial (10 minutos):

1. Apresente o equipamento e demonstre seu funcionamento básico

2. Revise brevemente os conceitos teóricos relevantes
3. Explique os procedimentos de segurança no manuseio do trilho de ar
4. Distribua os roteiros experimentais e divida os alunos em grupos

Atividade experimental principal (30 minutos):

1. Oriente os alunos a:
 - Montar o sistema experimental conforme roteiro
 - Realizar medições variando parâmetros (questionamentos: "O que acontece se aumentarmos a massa? E se diminuirmos a força aplicada?")
 - Registrar dados precisos em tabelas
 - Fazer observações qualitativas sobre o movimento
2. Circule entre os grupos para:
 - Garantir o correto manuseio do equipamento
 - Estimular a reflexão com perguntas guiadas
 - Auxiliar na solução de problemas práticos

Conclusão (10 minutos):

1. Reúna os alunos para compartilhar observações iniciais
2. Destaque as principais relações observadas entre variáveis
3. Introduza brevemente a análise de dados que será feita na próxima aula
4. Reforce a importância do método experimental em física

Habilidades e Competências

- Manipular equipamentos experimentais com precisão
- Realizar medições sistemáticas e registrar dados
- Relacionar variáveis experimentais com conceitos teóricos
- Trabalhar em equipe de forma colaborativa
- Desenvolver pensamento crítico através da experimentação

Aula 4 - Movimento Harmônico Simples

Tempo sugerido: 1 aula - 45 a 50 minutos

Introdução

Nesta aula, os alunos finalizarão a prática experimental com o trilho de ar, organizando e analisando os dados coletados. O momento será dedicado à interpretação dos resultados e à conexão entre as observações experimentais e os conceitos teóricos do Movimento Harmônico Simples. Através de discussões coletivas e resolução colaborativa de problemas, os alunos consolidarão seu aprendizado, identificando como a teoria se manifesta na prática.

Objetivos

- Concluir a coleta e organização dos dados experimentais
- Analisar e interpretar os resultados obtidos
- Estabelecer conexões claras entre prática e teoria
- Identificar e resolver colaborativamente dificuldades encontradas
- Consolidar o aprendizado sobre MHS através da experimentação

Materiais

- Dados coletados na aula anterior
- Planilhas e gráficos para organização dos resultados
- Calculadoras e softwares de análise (se disponíveis)
- Quadro branco ou flipchart para registro das discussões
- Roteiros experimentais com questões para análise

Instruções para o professor

Finalização da coleta de dados (15 minutos):

1. Oriente os alunos a:

- Completar quaisquer medições pendentes
 - Organizar seus dados de forma sistemática
 - Verificar a consistência das medições
2. Auxilie os grupos que tiveram dificuldades na coleta

Análise e discussão dos resultados (25 minutos):

1. Conduza uma discussão guiada para:
 - Interpretar os padrões observados nos dados
 - Comparar resultados entre diferentes grupos
 - Relacionar as observações com as equações do MHS
2. Promova a participação ativa com questionamentos como:
 - "Como os resultados experimentais confirmam ou desafiam a teoria?"
 - "Quais foram as principais fontes de incerteza?"
 - "Como poderíamos melhorar o experimento?"
3. Registre as conclusões principais no quadro

Síntese final (10 minutos):

1. Destaque as aprendizagens mais relevantes
2. Relacione os resultados com aplicações reais do MHS
3. Peça aos alunos para registrarem suas reflexões individuais
4. Prepare os alunos para a aula de avaliação e reflexão que virá a seguir

Habilidades e Competências

- Organizar e analisar dados experimentais
- Interpretar resultados à luz da teoria física
- Participar ativamente de discussões científicas
- Trabalhar colaborativamente na solução de problemas
- Avaliar criticamente métodos experimentais
- Comunicar conclusões científicas de forma clara

Aula 5 - Movimento Harmônico Simples

Tempo sugerido: 1 aula - 45 a 50 minutos

Introdução

Nesta aula final, os alunos terão a oportunidade de demonstrar e consolidar seus conhecimentos sobre Movimento Harmônico Simples através de uma avaliação formativa e da reconstrução de seus mapas conceituais. A atividade permitirá comparar a evolução do aprendizado desde a primeira aula, destacando como a integração entre teoria e prática contribuiu para uma compreensão mais profunda do MHS. O encerramento será marcado por uma reflexão coletiva sobre o percurso de aprendizagem.

Objetivos

- Avaliar a compreensão dos conceitos teóricos e práticos do MHS
- Construir novos mapas conceituais comparativos
- Refletir sobre a evolução do conhecimento adquirido
- Discutir a importância da integração teoria-prática
- Celebrar as conquistas e avanços dos alunos

Materiais

- Questionário de avaliação formativa
- Materiais para construção de mapas conceituais
- Mapas conceituais originais da Aula 1
- Quadro branco ou flipchart para registro coletivo
- Lista de conceitos-chave do MHS para referência

Instruções para o professor

Avaliação inicial (20 minutos):

1. Distribua o questionário avaliativo contendo:

- Questões sobre conceitos teóricos do MHS
 - Itens sobre a prática experimental com trilho de ar
 - Perguntas de aplicação a situações reais
2. Oriente os alunos a responderem individualmente
 3. Circule pela sala para esclarecer dúvidas pontuais

Reconstrução dos mapas conceituais (20 minutos):

1. Devolva os mapas conceituais originais (Aula 1)
2. Peça para criarem novos mapas que incluam:
 - Todos os conceitos aprendidos
 - Conexões entre teoria e prática
 - Aplicações do MHS identificadas
3. Estimule a reflexão com perguntas como:
 - "Quais conceitos você entende melhor agora?"
 - "Que novas relações você pode estabelecer?"

Discussão final e encerramento (10 minutos):

1. Conduza uma roda de conversa sobre:
 - Principais aprendizagens do módulo
 - Dificuldades superadas
 - Importância da integração teoria-prática
2. Peça voluntários para compartilhar seus mapas evolutivos
3. Encerre destacando o progresso coletivo e individual
4. Sugira formas de continuar explorando o tema

Habilidades e Competências

- Estabelecer conexões entre diferentes conceitos
- Reconhecer a evolução do conhecimento
- Valorizar o método científico integrado
- Comunicar compreensões adquiridas

APÊNDICE B – REFERENCIAL TEÓRICO PARA O PROFESSOR

Mecânica Clássica

A compreensão do movimento dos corpos tem sido objeto de estudo ao longo da história, desde a Antiguidade, com as primeiras concepções filosóficas, até o desenvolvimento da Mecânica Clássica nos séculos XVII e XVIII. Os filósofos Aristóteles e Galileu foram alguns dos principais responsáveis por teorizar sobre o comportamento dos corpos em movimento. Aristóteles classificava o movimento em natural e violento, associando-o aos elementos fundamentais: terra, ar, fogo e água. De acordo com essa visão, um objeto só poderia manter-se em movimento mediante a aplicação contínua de uma força.

Com a valorização da experimentação, Galileu Galilei desafiou Aristóteles ao demonstrar que o movimento dos corpos não dependia do peso, mas sim das condições do ambiente. Seus experimentos, como o realizado na Torre de Pisa, mostraram que corpos com massas diferentes atingem o solo simultaneamente quando soltos da mesma altura. Ao estudar planos inclinados, ele introduziu o conceito de inércia, evidenciando que, na ausência de atrito, a velocidade dos corpos se mantém constante.

As descobertas de Galileu influenciaram Isaac Newton, que formulou as três leis do movimento, consolidando a Mecânica Clássica. Em 1687, sua obra *“Philosophiae Naturalis Principia Mathematica”* formalizou a relação entre forças e movimento. Newton também desenvolveu o cálculo diferencial e integral e propôs a Lei da Gravitação Universal, descrevendo a interação entre corpos massivos.

No século XX, a Mecânica Quântica e a Teoria da Relatividade expandiram os conhecimentos da física, abordando fenômenos em escalas microscópicas e em altas velocidades. No entanto, a Mecânica Clássica continua essencial para descrever o movimento dos corpos no cotidiano, sendo amplamente aplicada na engenharia, tecnologia e ciências naturais.

O estudo das forças e interações possibilita a formulação de modelos matemáticos precisos, permitindo prever o comportamento de sistemas físicos. O conceito de força, representado por vetores e sujeito às regras de adição vetorial, é fundamental para a análise dinâmica dos corpos e a resolução de problemas de movimento. Assim, a Mecânica Clássica permanece como base para a compreensão dos fenômenos físicos e suas aplicações práticas.

Primeira Lei de Newton

De acordo com a Primeira Lei de Newton, um corpo mantém seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que uma força externa atue sobre ele, modificando essa condição. Esse princípio tem como fundamento os estudos de Galileu acerca da inércia e é comumente denominado Lei da Inércia ou Princípio da Inércia.

(Halliday; Resnick; Walker, 1993).

A inércia pode ser compreendida como a tendência de um corpo em resistir a mudanças no seu estado de movimento. Quanto maior for a massa do objeto, maior será essa resistência, dificultando a alteração de sua velocidade. A Primeira Lei de Newton estabelece que, se a força resultante atuando sobre um corpo for nula, sua velocidade permanecerá constante, sem sofrer variações (Halliday; Resnick; Walker, 1993).

Situações do nosso cotidiano onde podemos verificar a lei da Inércia:

- Quando você está em um carro que de repente freia, seu corpo tende a continuar se movendo para frente devido à inércia. Isso ocorre porque, enquanto o carro reduz a velocidade, seu corpo resiste à mudança de movimento e segue em movimento até que o cinto de segurança ou outro fator externo faça com que você pare.
- Ao puxar bruscamente a toalha que cobre uma mesa, os objetos que estão em cima, por inércia, ficam no mesmo lugar.

Segunda Lei de Newton

A Segunda Lei de Newton, também conhecida como Lei Fundamental da Dinâmica, afirma que a força resultante que age sobre um objeto é igual ao produto de sua massa pela aceleração que ele adquire (Halliday; Resnick; Walker, 1993). Conforme essa lei, a massa m de um corpo é uma constante de proporcionalidade entre a força e a aceleração, funcionando como uma medida da inércia do objeto. Dessa forma, ao aplicar a mesma força em dois corpos com massas diferentes, o objeto com maior massa experimentará uma aceleração menor.

Partindo dessa ideia a segunda lei de Newton pode ser expressa da seguinte forma:

$$\vec{F}_r = m\vec{a} \quad (\text{B.1})$$

A seta indica que se trata de uma grandeza vetorial, ou seja, possui módulo, direção e sentido. Dessa forma, $\vec{F}_r$ representa a força resultante, m a massa do objeto e $\vec{a}$ a aceleração.

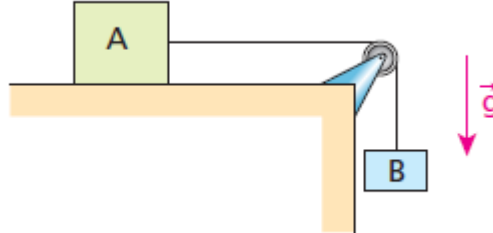
Essa equação descreve como a aceleração de um objeto está relacionada à força que atua sobre ele e à sua massa. Em termos simples, ela diz que a força necessária para alterar o movimento de um objeto depende de dois fatores: a massa do objeto e a aceleração que se deseja imprimir nele.

Sistema de Corpos

O sistema de corpos é um assunto essencial no estudo da Física, especialmente na área de Mecânica. A abordagem proposta busca explorar uma situação frequentemente apresentada em livros didáticos por meio de um experimento simples: um corpo se

deslocando sobre uma superfície horizontal, puxado por um cabo que passa por uma polia e está conectado a uma massa suspensa na outra extremidade. A figura 27 ilustra o sistema físico em análise.

Figura 27 – Sistema Clássico de Corpos.



Fonte: (Biscuola, 2012)

Quando o corpo B cai na direção vertical, o móvel A se desloca na direção horizontal, resultando em um movimento acelerado do sistema. Ao desprezar o atrito de rolamento e a massa da roldana, a análise do movimento, baseada nos procedimentos usuais de resolução de problemas que envolvem as Leis de Newton, leva à equação B.2 para a aceleração do sistema, sendo g a aceleração da gravidade.

$$a = \frac{m_b}{(m_a + m_b)} g \quad (\text{B.2})$$

Dessa forma, sabendo as massas dos blocos m_a , m_b e a aceleração da gravidade g , podemos determinar a aceleração do sistema.

Terceira Lei de Newton

A Terceira Lei de Newton estabelece que: “A cada ação, sempre ocorre uma reação de mesma intensidade, mas de sentido oposto; ou seja, as forças que dois corpos exercem um sobre o outro são sempre iguais em magnitude e direcionadas em sentidos opostos” (Halliday; Resnick; Walker, 1993). Quando um corpo exerce uma força sobre outro, o segundo corpo aplica uma força de igual intensidade e direção oposta sobre o primeiro. Dessa maneira, a interação entre os corpos pode ser vista como um sistema isolado, já que não há forças externas atuando sobre eles.

Com isso, segundo a Terceira Lei, em um sistema isolado com dois corpos de massa constante, as forças de interação entre eles têm sentidos opostos, e a razão entre as acelerações desses corpos é inversamente proporcional às suas massas. Assim, podemos expressar essa relação da seguinte forma:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad (\text{B.3})$$

Dessa forma,

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{|\vec{a}_2|}{|\vec{a}_1|} \quad (\text{B.4})$$

Observa-se que os sinais na equação (B.3) explicam o fato de que as forças de ação e reação têm sentidos opostos. A Terceira Lei de Newton é válida para qualquer tipo de interação dentro dos parâmetros da mecânica clássica, em sistemas macroscópicos isolados e com velocidades baixas. A seguir, alguns exemplos da Terceira Lei:

- As naves espaciais utilizam o princípio da ação e reação para se moverem. Ao ejetarem gases em combustão, elas são impulsionadas na direção oposta à saída desses gases.
- Em uma colisão entre um carro e um caminhão, ambos experimentam forças de mesma intensidade, mas com direções opostas. No entanto, a deformação observada nos veículos é distinta, com o carro geralmente sofrendo mais danos que o caminhão. Isso ocorre devido à diferença na estrutura dos veículos, e não na intensidade das forças envolvidas.
- Quando você empurra a cama elástica para baixo com o corpo (ação), a cama elástica exerce uma força de igual intensidade para cima (reação), impulsionando você para cima.

Oscilações

Esta seção tem como objetivo apoiar o professor na compreensão do Movimento Harmônico Simples (MHS) e no planejamento das aulas, garantindo que esses conceitos sejam abordados de forma sequencial e didática.

Movimento Periódico

O movimento periódico é aquele que se repete em intervalos de tempo iguais, apresentando um padrão regular ao longo do tempo. Esse tipo de movimento pode ser encontrado em diversos sistemas físicos, desde oscilações mecânicas até fenômenos eletromagnéticos. Sua principal característica é o período, que corresponde ao tempo necessário para que um ciclo completo ocorra, e a frequência, que indica quantas repetições acontecem por unidade de tempo. Além disso, muitos movimentos periódicos são também oscilatórios, ou seja, envolvem deslocamentos alternados em torno de uma posição de equilíbrio, como no caso de um pêndulo ou de uma massa presa a uma mola. No contexto da natureza e da tecnologia, exemplos de movimento periódico incluem a rotação da Terra ao redor do Sol, a vibração das cordas de um instrumento musical, as ondas sonoras e

até o funcionamento de circuitos elétricos alternados. Esse conceito é fundamental na Física, pois permite descrever uma ampla variedade de fenômenos por meio de equações matemáticas que envolvem funções senoidais, proporcionando uma compreensão precisa e quantitativa de sistemas oscilatórios e ondulatórios.

Período e Frequência

O período T e a frequência f são grandezas fundamentais para descrever o movimento periódico. O período representa o tempo necessário para que o movimento complete um ciclo completo, enquanto a frequência indica quantos ciclos ocorrem por unidade de tempo. Essas grandezas estão relacionadas pela seguinte equação:

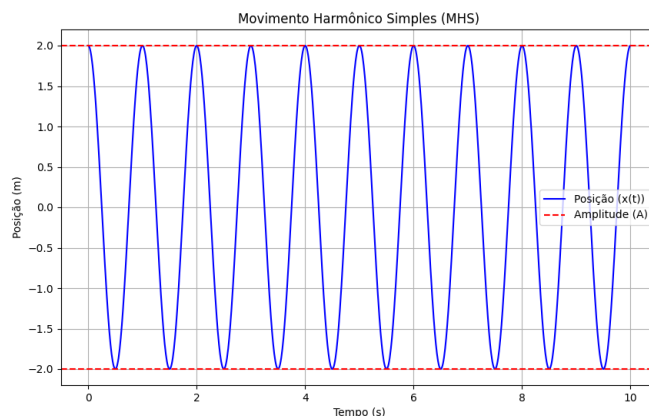
$$f = \frac{1}{T} \quad (\text{B.5})$$

Por essa relação fica claro que a frequência determina o número de voltas que o corpo dá em unidades de tempo. A unidade de medida da frequência no Sistema Internacional de unidades (SI) é o Hz.

Amplitude

A amplitude A é definida como o valor máximo de deslocamento que um corpo pode atingir em relação à sua posição de equilíbrio. Esse valor é sempre considerado em módulo, ou seja, independentemente do sentido do movimento. Durante um ciclo completo, o corpo percorre sua trajetória oscilatória, atingindo essa amplitude nos extremos do movimento, conforme ilustrado na figura 28.

Figura 28 – Gráfico de Amplitude.



Fonte: (Autoria própria, 2025)

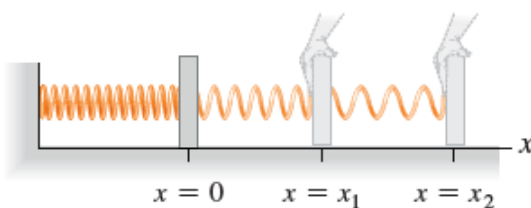
Movimento Harmônico Simples

Para que um sistema apresente um Movimento Harmônico Simples (MHS), é necessário que haja uma força restauradora que obedeça ao princípio descrito pela Lei de Hooke. Essa força atua no sentido oposto ao deslocamento do corpo em relação à posição de equilíbrio, sendo diretamente proporcional à sua elongação. Matematicamente, essa relação é expressa por:

$$F = -kx \quad (\text{B.6})$$

Onde k é uma constante de proporcionalidade conhecida como constante elástica da mola. No SI, a sua unidade de medida é N/m, pois a força no sistema internacional é dada por Newton, que é representado pela letra N. O sinal negativo da fórmula garante que a força sempre será no sentido contrário da elongação x , que é a posição da partícula a partir do ponto de equilíbrio do sistema massa-mola, observe a figura 29 que mostra o exemplo clássico do sistema massa-mola.

Figura 29 – Sistema massa-mola.



Fonte: (Young, 2016)

Este sistema é basicamente formado por uma massa e uma mola, nos quais é possível aplicar uma força de compressão ou expansão. Com isso, o sistema entra em oscilação, alternando entre oscilar para frente e para trás ao redor de sua posição de equilíbrio.

Equação de movimento para o oscilador harmônico

A equação do movimento para um oscilador harmônico simples pode ser obtida ao igualarmos a equação de força de Newton, $F = m \frac{d^2x}{dt^2}$, com a força da Lei de Hooke, que é $F = -kx$. Assim, temos a seguinte equação diferencial:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx \quad (\text{B.7})$$

Ou, rearranjando os termos, obtemos:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0 \quad (\text{B.8})$$

Definindo $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$, onde ω_0 é a frequência angular do oscilador harmônico, a equação diferencial se torna:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0 \quad (\text{B.9})$$

A solução dessa equação diferencial é uma função harmônica, pois trata-se de uma equação de segunda ordem. Ela admite uma combinação linear de duas soluções harmônicas, que são funções cuja segunda derivada é proporcional à própria função. Entre as soluções possíveis, temos as funções senoides e as funções exponenciais complexas. Para simplificar, adotaremos a solução de uma função cosseno, que foi discutida na seção anterior:

$$x(t) = A \cos(\omega_0 t + \delta) \quad (\text{B.10})$$

Aqui, A é a amplitude do movimento e δ é a fase inicial. Vale ressaltar que uma solução igualmente válida seria a função seno, ajustando a fase inicial para $\frac{\pi}{2}$, ou seja, uma solução do tipo:

$$x(t) = A \sin(\omega_0 t + \alpha) \quad (\text{B.11})$$

Para uma equação de segunda ordem, as condições iniciais exigem duas constantes de integração. A partir disso, a solução geral do movimento é dada por:

$$x(t) = A \cos(\omega_0 t + \delta) \quad (\text{B.12})$$

Agora, ao derivarmos essa equação em relação ao tempo, obtemos a expressão para a velocidade do oscilador harmônico simples:

$$\frac{dx}{dt} = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \delta) \quad (\text{B.13})$$

Para encontrar a aceleração, basta realizar a segunda derivada da equação do deslocamento:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \delta) \quad (\text{B.14})$$

Por fim, podemos verificar que, ao substituir as equações de $x(t)$ e $\frac{d^2x}{dt^2}$ na equação diferencial original, obtemos uma solução exata, confirmando que o movimento é realmente harmônico.

Sistemas Amortecidos

Embora, no ensino médio, frequentemente desconsideremos as forças dissipativas para simplificar os modelos matemáticos apresentados aos alunos, acreditamos ser relevante abordar neste trabalho sistemas que envolvem essas forças. Consideramos importante discutir esses sistemas com os alunos, mesmo sem realizar as demonstrações matemáticas detalhadas, pois isso permite que eles visualizem como essas situações se aplicam ao seu cotidiano.

Sistemas amortecidos são sistemas em que a oscilação do corpo ou objeto diminui com o tempo devido à presença de forças que dissipam energia, como o atrito ou resistência do ar. Ao contrário de sistemas ideais, como o oscilador harmônico simples, em que a oscilação continua indefinidamente, nos sistemas amortecidos, a amplitude das oscilações vai diminuindo até que o movimento pare completamente.

Esse processo de diminuição da amplitude ocorre porque a energia do sistema não se conserva. A energia potencial e cinética do sistema é transformada em outras formas de energia, como calor, devido ao atrito, ou outras forças dissipativas presentes no sistema.

Um exemplo simples de um sistema amortecido é um pêndulo com resistência do ar. Quando você empurra um pêndulo e o solta, ele começa a oscilar, mas logo as oscilações ficam menores até o movimento parar, pois a resistência do ar vai retirando a energia do sistema.

APÊNDICE C – ROTEIROS EXPERIMENTAIS

PRÁTICA EXPERIMENTAL: SEGUNDA LEI DE NEWTON

1. OBJETIVOS

Analisar o movimento de um corpo submetido a uma força conhecida, na ausência de atrito, e investigar relação entre a intensidade desta força e a aceleração quando a massa do sistema varia. Determinar experimentalmente o valor da aceleração da gravidade.

2. UMA BREVE REVISÃO SOBRE A SEGUNDA LEI DE NEWTON

Em 1687, Isaac Newton, inspirado pelas descobertas de Galileu e outros cientistas de sua época, formulou leis fundamentais que hoje constituem a base da Mecânica Clássica. As três leis do movimento de Newton representaram uma revolução no entendimento do universo, pois possibilitaram explicar grande parte dos fenômenos naturais conhecidos até então com base em princípios aparentemente simples, mas de grande profundidade.

A segunda lei de Newton descreve como o movimento de um corpo é influenciado pelas forças que atuam sobre ele. De forma geral, essa lei estabelece que a força resultante aplicada a um corpo está diretamente relacionada à sua aceleração. Para um corpo de massa constante, essa relação é expressa matematicamente como:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (\text{C.1})$$

Onde $\vec{F}$ representa a força aplicada, m representa a massa do objeto e $\vec{a}$, a aceleração a que esse objeto está submetido.

A velocidade $\vec{v}$, obtida pela aplicação de uma força constante e considerando $\vec{v}_0 = 0$, é dada como função do tempo através da expressão:

$$\vec{v}(t) = \frac{\vec{F}}{m} t \quad (\text{C.2})$$

Para a distância percorrida pelo corpo, tem-se:

$$\Delta\vec{x} = \vec{x} - \vec{x}_0 = \frac{1}{2} \frac{\vec{F}}{m} t^2 \quad (\text{C.3})$$

3. MATERIAIS NECESSÁRIOS

Os materiais que serão utilizados durante o experimento são:

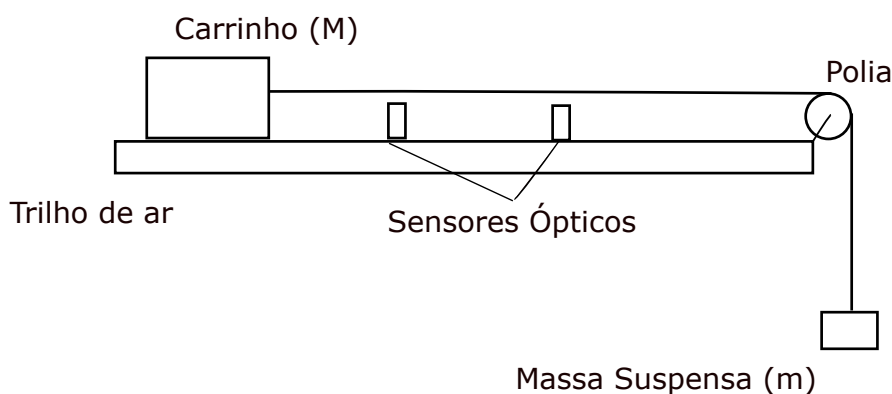
- Trilho de ar

- Turbina para fluxo de ar
- Carrinho
- Dispositivo de lançamento do carrinho, com eletroímã
- Sensor ótico
- Porta-pesos
- Roldana e linha
- Arduino
- Pesos aferidos fios diversos, hastes e suportes

4. ENTENDENDO O FUNCIONAMENTO DO EXPERIMENTO

A figura 30 a seguir apresenta uma ilustração do aparato experimental utilizado. Nesse arranjo, um colchão de ar é gerado entre a superfície inferior do carrinho e o trilho, reduzindo quase completamente a força de atrito. O carrinho é inicialmente posicionado no disparador do trilho e conectado a um fio que passa por uma roldana de atrito desprezível. Na outra extremidade do fio, encontra-se um porta-pesos suspenso verticalmente.

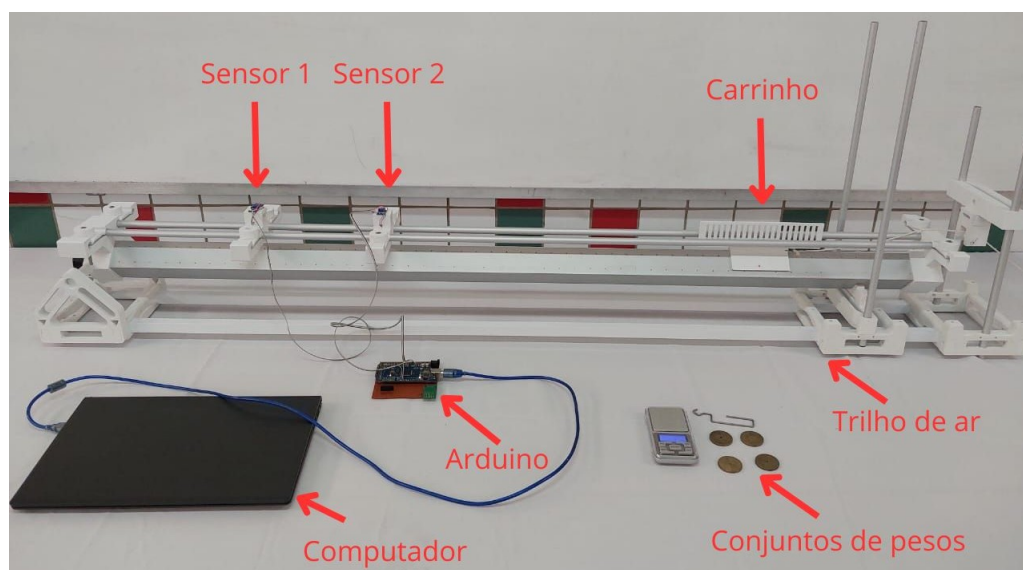
Figura 30 – Diagrama do aparato experimental.



Fonte: (Autoria própria, 2025)

Quando a corrente que alimenta o eletroímã é desligada, o Arduino é acionado, e o carrinho é acelerado pela força peso das massas penduradas no porta-pesos. O tempo de movimento do carrinho é medido utilizando um sensor ótico posicionado em um ponto específico do trilho. O Arduino interrompe a contagem no momento exato em que o carrinho passa pelo sensor, registrando o tempo de forma precisa. A figura 31 abaixo mostra o aparato experimental montado e seus respectivos componentes.

Figura 31 – Trilho de ar e demais componentes.



Fonte: (Autoria Própria, 2025)

Curiosidades

Para visualizar a importância do “colchão de ar”, experimente fazer o experimento com um fluxo baixo de ar ou com o compressor desligado. Perceba como a aceleração do carrinho diminui com o aumento do atrito.

O código que será utilizado no experimento pode ser acessado pelo seguinte link: [Clique aqui](#).

5. ROTEIRO EXPERIMENTAL:

- 1º - Ligue a turbina e aumente o fluxo de ar até o carrinho flutuar;
- 2º - Posicione o carrinho, desconectado do fio, próximo a parte central do trilho de ar e verifique o nivelamento do trilho;

Importante

O nivelamento do trilho é fundamental para a correta execução do experimento. Qualquer inclinação do trilho provocará uma aceleração indesejada do carrinho. Para nivelar o trilho, utilize os ajustes de altura dos pés deste.

- 3º - Determine a massa do carrinho, apenas com a haste e o conector do fio, que chamaremos de m ;
- 4º - Instale o fio no carrinho e conecte-o ao eletroímã já ligado;
- 5º Ligue o cronômetro digital, zerando-o em seguida;
- 6º - Coloque massas aferidas no porta-pesos, cuja massa total será denominada de

M ;

7º - Desligue a chave e observe o movimento resultante;

Importante

Certifique-se de segurar o carrinho assim que ele passar pelo segundo sensor. Permitir que ele colida com o final do trilho pode danificar o aparato experimental, comprometendo sua montagem após cada lançamento.

8º - Discuta que tipo de movimento o carrinho descreve. ;

9º - Fixe o sensor ótico e meça sua posição;

Importante

O sensor ótico deve ser posicionado de maneira que, ao o carrinho passar por ele, o porta-pesos ainda esteja suspenso, sem tocar o chão. Caso o porta-pesos toque o chão, a força resultante será interrompida, e o carrinho passará a se mover com velocidade constante, caracterizando um movimento uniforme.

10º - Determine o valor da posicional inicial do carrinho $x(\vec{0})$;

Importante

Qual parte do carrinho interrompe a contagem do cronômetro? Essa é a parte que deve ser usada como referência para determinar a posição inicial do carrinho.

11º - Para 5 valores diferentes de massa do carrinho, mantendo fixa a massa no porta-pesos, meça o tempo de vôo 3 vezes para cada configuração;

12º - Repita os procedimentos 9º, 10º e 11º para outras 4 posições do sensor ótico ao longo do trilho.

6. DISCUSSÕES

Para o nosso experimento, o movimento é unidimensional, e a força produzida pelo porta-pesos, cuja massa é M , é dada por:

$$|\vec{F}| = |M\vec{g}| = Mg \quad (\text{C.4})$$

onde $\vec{g}$ é a aceleração da gravidade. Considerando que a massa total do carrinho é m , a equação do movimento é:

$$(m + M)a = M \cdot g \quad (\text{C.5})$$

onde a representa a aceleração do carrinho. Assim, a posição do carrinho em função do tempo será dada pela equação:

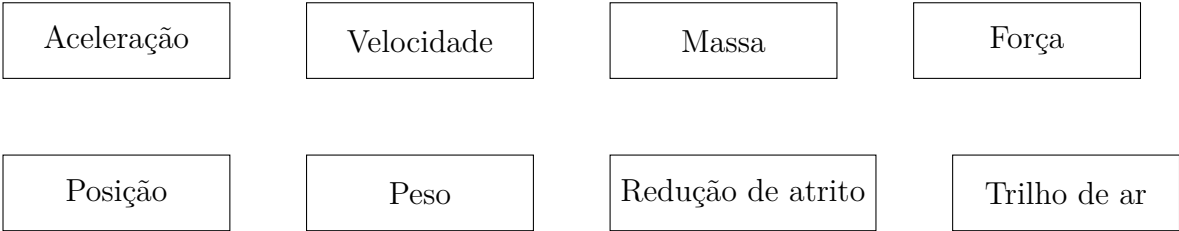
$$x = x_0 + \frac{1}{2} \frac{Mg}{(m + M)} t^2 \quad (\text{C.6})$$

7. ATIVIDADES

Com base na equação C.6, responda as seguintes perguntas:

1. Para cada valor de massa do carrinho, construa um gráfico da distância percorrida ($\Delta x = x - x_0$) como função do quadrado do tempo (t^2).
2. Os gráficos estão dentro do esperado?
3. A partir de cada gráfico, determine um valor de aceleração do sistema, com sua respectiva incerteza.
4. Usando os valores de aceleração obtidos no item anterior, construa um gráfico de $(m + M)$ versus $1/a$.
5. O comportamento deste gráfico está dentro do esperado?
6. Neste último gráfico, trace a reta que melhor se ajusta aos pontos e determine o coeficiente angular desta reta, com sua respectiva incerteza;
7. Esse resultado está dentro do esperado?
8. Com base no coeficiente angular encontrado, determine um valor aproximado para a aceleração da gravidade e compare com o valor teórico ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$).

Conceitos



Mapa Conceitual

PRÁTICA EXPERIMENTAL: MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

1. OBJETIVOS

Investigar o movimento harmônico amortecido em um sistema massa-mola com atrito desprezível, utilizando trilho de ar, e determinar o período de oscilação no regime subcrítico.

2. UMA BREVE REVISÃO SOBRE O SISTEMA MASSA-MOLA

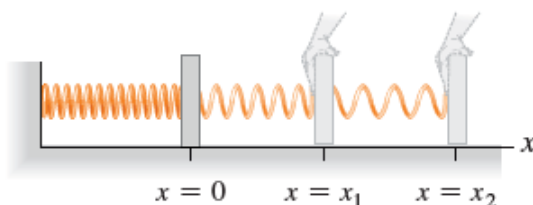
2.1 Lei de Hooke

A Lei de Hooke descreve o comportamento elástico de molas e outros materiais que podem se deformar. De forma simples, ela diz que, quando puxamos ou comprimimos uma mola, a força que a mola faz para voltar ao seu estado original é proporcional ao quanto a esticamos ou comprimimos. Essa ideia pode ser escrita assim:

$$F = k \cdot x \quad (\text{C.7})$$

Onde F é a força aplicada na mola (em Newtons), k é a constante elástica da mola (em Newtons por metro – N/m) e x é o alongamento da mola. Na figura 32, a seguir, apresentamos um exemplo que ilustra a aplicação da Lei de Hooke.

Figura 32 – Sistema massa-mola.



Fonte: (Young, 2016)

Observe que, à medida que puxamos a mola de sua posição inicial (quando está relaxada) para posições mais alongadas, é necessário aplicar uma força cada vez maior para continuar esticando-a. Agora imagine a seguinte situação: Em um elástico de borracha: quanto mais você o estica, mais difícil fica puxá-lo, pois ele tenta voltar ao seu tamanho original. O mesmo acontece com as molas dentro de colchões, os amortecedores de carros e até brinquedos como o slime, que se deformam, mas retornam ao formato inicial.

2.4 Movimento Periódico

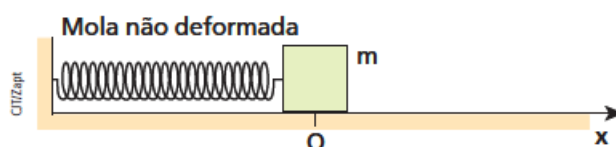
Muitos tipos de movimento se repetem continuamente no nosso dia a dia. Por exemplo, a vibração de um cristal de quartzo no relógio, o movimento do pêndulo de um relógio antigo, as vibrações de um clarinete ou de um tubo de órgão, e até os pistões que se movem no motor de um carro. Esse tipo de movimento é chamado de movimento periódico ou oscilação, e é o que vamos estudar neste capítulo. Entender como esses movimentos funcionam será importante para aprendermos sobre ondas, som, eletricidade e até luz.

Quando um corpo faz um movimento periódico, ele sempre está em uma posição de equilíbrio estável. Se o corpo é deslocado dessa posição e depois solto, uma força vai agir sobre ele, puxando-o de volta para o equilíbrio. Porém, ao chegar nessa posição, ele ainda tem energia cinética (energia do movimento), o que faz com que o corpo ultrapasse o ponto de equilíbrio e continue se movendo para o outro lado. Depois, ele é puxado novamente para o equilíbrio, e o movimento continua.

2.5 Oscilador massa-mola horizontal

Considere um bloco de massa m , em repouso num plano horizontal suposto perfeitamente liso, preso a uma mola, como mostra a figura a seguir. A mola é supostamente de massa desprezível e sua constante elástica é k .

Figura 33 – Mola sem deformação.

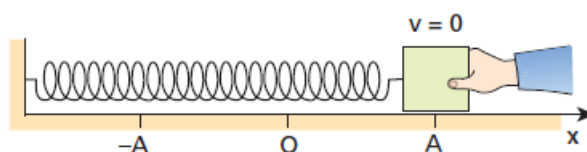


Fonte: (Biscuola, 2012)

Observe que a posição do bloco é de equilíbrio, pois a mola não está deformada. Assim, a força resultante nele é nula. Um eixo Ox está associado ao plano horizontal, com a origem na posição de equilíbrio e na mesma direção do eixo da mola.

Vamos afastar o bloco da posição de equilíbrio, deslocando-o, por exemplo, para a direita até a posição $x = A$, e deixá-lo aí, como mostra a figura a seguir:

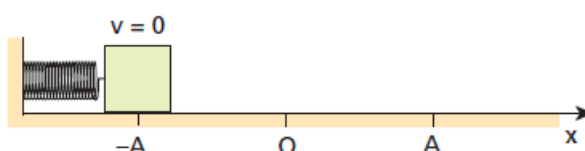
Figura 34 – Expansão da mola.



Fonte: (Biscuola, 2012)

Supondo que a mola opere em regime de elasticidade perfeita e desprezando qualquer influência do ar, concluímos que o bloco executará, se solto, um movimento oscilatório e periódico entre $x = A$ e $x = 2A$.

Figura 35 – Mola comprimida.



Fonte: (Biscuola, 2012)

Nesse movimento, a elongação é a própria deformação da mola. Além disso, a força elástica da mola é a força resultante sobre o bloco. Lembrando que a força elástica é proporcional à deformação da mola, obtemos a seguinte expressão para o valor algébrico da força resultante:

$$F = -k \cdot x \quad (\text{C.8})$$

Isso prova que o movimento em questão é um movimento harmônico simples. Sendo assim, o período de oscilação é dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (\text{C.9})$$

Onde o período T é o tempo de uma oscilação completa, e ele depende de dois fatores principais: a massa m , que está presa à mola, e a constante elástica k , que indica o quanto a mola é rígida. O valor de π , que aparece na fórmula, é aproximadamente igual a 3,14.

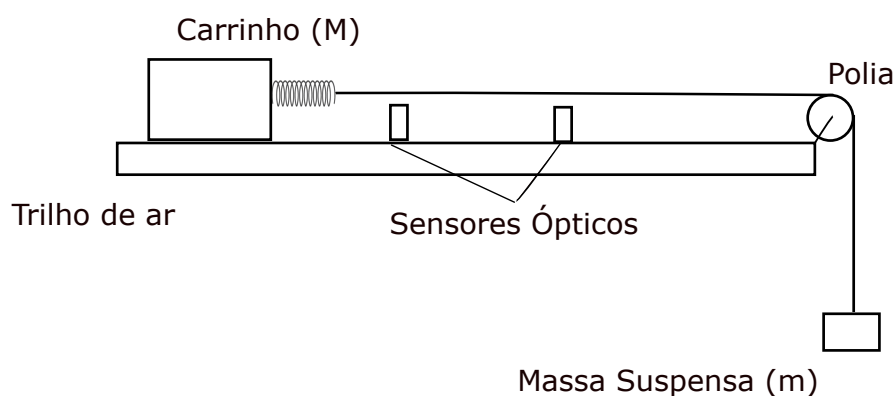
3. MATERIAIS NECESSÁRIOS

Os materiais que serão utilizados durante o experimento são:

- Trilho de ar com soprador
- Uma mola de constante elástica k definida
- Carrinho
- Sensores ópticos
- Massas acopláveis
- Arduino
- Balança Digital
- Computador
- Régua

A figura 36 a seguir apresenta uma ilustração do aparato experimental que será utilizado neste experimento.

Figura 36 – Diagrama do aparato experimental.



Fonte: (Autoria própria, 2025)

4. ORIENTAÇÕES

1º - Certifique-se de que a força aplicada NUNCA seja maior que o valor máximo suportado pela mola, pois isso causaria uma deformação permanente na mola.

2º - Antes de iniciar o experimento, certifique-se de que a haste com a mola está bem fixada à mesa.

3º - O código que será utilizado no experimento pode ser acessado pelo seguinte link: [Clique aqui](#).

5. PRÁTICA EXPERIMENTAL - MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES

O procedimento a ser seguido para a realização do experimento proseguirá da seguinte forma:

- 1º - Posicione o trilho de ar na horizontal e ligue o soprador;
- 2º - Prenda uma extremidade da mola a um suporte fixo;
- 3º - Conecte a outra extremidade da mola ao carrinho, que deve deslizar suavemente;
- 4º - Fixe o sensor óptico de modo que ele detecte o carrinho ao passar pela posição de equilíbrio (posição central da oscilação);
- 5º - Desloque o carrinho da posição de equilíbrio e solte-o suavemente;
- 6º - observe as leituras no monitor serial do Arduino (Tela do computador);
- 7º - Anote pelo menos 5 valores de período (ou modifique o código para registrar e calcular a média automaticamente).

6. ANÁLISE DOS DADOS

- 1º - O período pode ser obtido diretamente a partir dos intervalos registrados pelo Arduino. Se o sensor detectar cada passagem, um ciclo completo será registrado a cada duas detecções (adapte o código, se necessário);
- 2º - Compare o valor experimental com a estimativa teórica do período para o sistema não amortecido:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (\text{C.10})$$

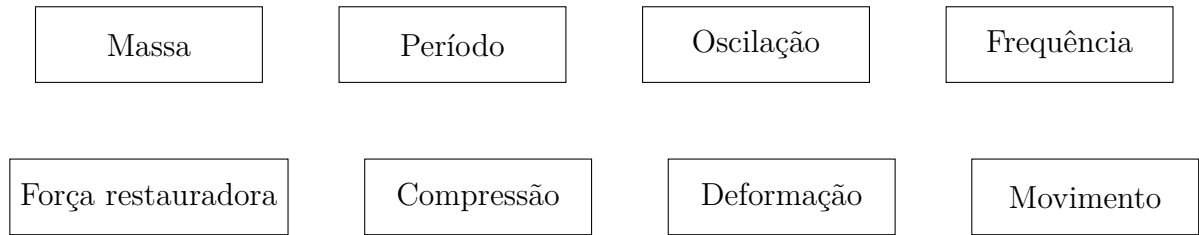
7. QUESTIONAMENTOS

1. Se utilizarmos uma massa maior na extremidade da mola, como isso afetará o período da oscilação? Justifique sua resposta com base na equação do MHS.

2. Se dobrarmos a constante elástica da mola (k), o que acontece com o período da oscilação? Explique com base na equação do MHS.

3. Se o experimento fosse realizado na Lua, onde a gravidade é menor que na Terra, isso afetaria o valor da constante elástica k da mola? Justifique.

Conceitos



Mapa Conceitual

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO - AVALIAÇÃO DA ESTRATÉGIA APLICADA

Este questionário foi elaborado para avaliar a sua opinião e nível de satisfação com relação à nossa estratégia de utilizar práticas experimentais agregadas aos mapas conceituais para estudar o conteúdo de mecânica.

Por favor, responda com atenção e sinceridade.

1. A Estratégia de explorar o assunto com práticas experimentais e utilizar os mapas conceituais para relacionar os conceitos facilita o entendimento dos fenômenos físicos.
() Concordo fortemente () Concordo () Indeciso () Discordo () Discordo fortemente
2. O material (roteiros e mapas conceituais) é potencialmente útil para compreender, descrever e assimilar os fenômenos físicos da natureza.
() Concordo fortemente () Concordo () Indeciso () Discordo () Discordo fortemente
3. As práticas experimentais são potencialmente úteis para compreender, descrever e assimilar os fenômenos físicos da natureza.
() Concordo fortemente () Concordo () Indeciso () Discordo () Discordo fortemente
4. Os mapas conceituais são potencialmente úteis para compreender, descrever e assimilar os fenômenos físicos da natureza.
() Concordo fortemente () Concordo () Indeciso () Discordo () Discordo fortemente
5. Os roteiros estavam confusos.
() Concordo fortemente () Concordo () Indeciso () Discordo () Discordo fortemente
6. A Estratégia aumenta a motivação para estudar a Física.
() Concordo fortemente () Concordo () Indeciso () Discordo () Discordo fortemente
7. É interessante estudar a física explorando através de práticas experimentais.
() Concordo fortemente () Concordo () Indeciso () Discordo () Discordo fortemente
8. É interessante usar os mapas conceituais para estudar física.
() Concordo fortemente () Concordo () Indeciso () Discordo () Discordo fortemente

9. Através desta estratégia o aluno seria capaz de entender o conteúdo sem a ajuda do professor.
- () Concordo fortemente () Concordo () Indeciso () Discordo () Discordo fortemente
10. A Estratégia é útil para estudar física. Você concorda? Escreva pelo menos uma razão que justifique a sua opinião.

APÊNDICE E – CÓDIGO UTILIZADO NA PRÁTICA EXPERIMENTAL - LEIS DE NEWTON

```

1 // Este código mede por quanto tempo um objeto fica na frente de um sensor.
  Quando o sensor é bloqueado, ele marca o tempo inicial. Quando o objeto
  sai, marca o tempo final e calcula a duração em milissegundos,
  mostrando no computador. Depois, repete o processo para novos objetos.
  Por fim, esses códigos serão atualizados futuramente e estarão
  disponíveis em nosso repositório.

2
3 const int sensorPin = 2;           // Pino onde o sensor está conectado
4 unsigned long tempoInicio = 0;     // Variável para armazenar o tempo
  inicial
5 unsigned long tempoFim = 0;        // Variável para armazenar o tempo
  final
6 bool objetoDetectado = false;      // Flag para indicar se o objeto foi
  detectado
7 void setup() {
8   Serial.begin(9600);              // Inicializa a comunicação serial
  com o monitor serial
9   pinMode(sensorPin, INPUT);       // Configura o pino do sensor como
  entrada
10 }
11 void loop() {
12   int leituraSensor = digitalRead(sensorPin); // Lê o valor do sensor (0
  ou 1)
13   // Quando o objeto é detectado pela primeira vez
14   if (leituraSensor == LOW && !objetoDetectado) {
15     tempoInicio = millis();         // Registra o tempo inicial
16     objetoDetectado = true;         // Define que o objeto foi detectado
17     Serial.println("Objeto detectado!");
18   }
19   // Quando o objeto sai da frente do sensor
20   if (leituraSensor == HIGH && objetoDetectado) {
21     tempoFim = millis();            // Registra o tempo final
22     unsigned long tempoVariacao = tempoFim - tempoInicio; // Calcula o
  tempo de variação
23     Serial.print("Tempo de passagem: ");
24     Serial.print(tempoVariacao);    // Exibe o tempo de passagem no monitor
  serial
25     Serial.println(" ms");
26     objetoDetectado = false;        // Redefine para aguardar uma nova
  detecção
27   }
28 }

```

Listing E.1 – Código de detecção de objeto com Arduino

APÊNDICE F – CÓDIGO UTILIZADO NA PRÁTICA EXPERIMENTAL - MHS

```

1 // Este codigo monitora um sensor de movimento com dois detectores (A e B).
  Quando o sensor A e ativado, ele marca o tempo inicial e, a cada nova
  ativacao, calcula o tempo decorrido em segundos. Alem disso, compara os
  estados dos dois sensores: se estiverem iguais, aumenta a posicao; se
  estiverem diferentes, diminui. Os dados de tempo e posicao sao enviados
  para o computador via comunicacao serial, facilitando o acompanhamento
  em tempo real. Em resumo, o programa mede deslocamento e tempo para
  analisar movimentos em sistemas mecanicos. Por fim, esses codigos serao
  atualizados futuramente e estaraos disponiveis em nosso repositorio.

2
3 const int sensorA = 2; // Primeiro sensor
4 const int sensorB = 3; // Segundo sensor
5
6 int posicao = 0; // Posi o do sensor
7 volatile unsigned long tempoInicial = 0; // Tempo inicial do primeiro
  pulso
8 volatile bool primeiroPulso = true; // Flag para capturar o primeiro tempo
9 volatile unsigned long tempoAtual=0;
10 volatile float tempoSegundos = 0.00; //
11
12 volatile int readingsensorA = 0;
13 volatile int readingsensorB = 0;
14 volatile int oldA = 0;
15 volatile int oldB = 0;
16 //volatile int oldA = 0;
17 //volatile int oldB = 0;
18
19
20 void contarPulsoB(){
21   //oldB = readingB;
22   readingsensorB = digitalRead (sensorB);    // Leitura do sensor B
23   //
24   //   if (readingsensorA == readingsensorB) {
25   //     ++posicao;
26   //   }
27   //   if (readingsensorA != readingsensorB) {
28   //     --posicao;
29   //   }
30   //   if (oldB == 1 && readingsensorB == 0) {Serial.println("FALL_B");}
31   //   if (oldB == 0 && readingsensorB == 1) {Serial.println("RISING_B");}
32 }
33
34 void contarPulsoA() {
35   //oldA = readingsensorA;

```

```

36     readingsensorA = digitalRead (sensorA);    // Leitura do sensor B
37     //if (oldA == 1 && readingsensorA == 0) {Serial.println("FALL_A");}
38     //if (oldA == 0 && readingsensorA == 1) {Serial.println("RISING_A");}
39     tempoAtual = millis(); // Captura o tempo do evento
40
41     if (primeiroPulso) {
42         tempoInicial = tempoAtual; // Define o tempo inicial
43         primeiroPulso = false;
44     }
45
46     tempoSegundos = (tempoAtual - tempoInicial) / 1000.0; // Tempo em
segundos
47
48     if (readingsensorA != readingsensorB) {
49         --posicao;
50     }
51     if (readingsensorA == readingsensorB) {
52         ++posicao;
53     }
54
55
56     // Exibe os dados no monitor serial
57     Serial.print(tempoSegundos, 3); // Exibe o tempo em segundos com 3
casas decimais
58     Serial.print("\t");
59     Serial.println(posicao);
60 }
61
62
63 void setup() {
64     Serial.begin(2000000); // Inicializa a comunica o serial
65     pinMode(sensorA, INPUT_PULLUP);
66     pinMode(sensorB, INPUT_PULLUP);
67
68     attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorA), contarPulsoA, RISING);
69     attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorB), contarPulsoB, RISING);
70 }
71
72 void loop() {
73     // O loop pode ser usado para outras funcoes sem interromper a captura
dos pulsos
74 }

```

Listing F.1 – Código de detecção de objeto com Arduino