



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS - PICOS
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

MARIA DALILA SILVA

**EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO SOBRE AS LEIS DE NEWTON COMO
METODOLOGIA DE ENSINO**

**PICOS-PIAUÍ
2024**

MARIA DALILA SILVA

**EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO SOBRE AS LEIS DE NEWTON COMO
METODOLOGIA DE ENSINO**

Trabalho de conclusão de curso (monografia)
apresentada como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, Campus de Picos.

Orientador(a): Prof. Dr. Reginaldo Gomes de Lima
Júnior

PICOS-PIAUI

2024

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

Silva, Maria Dalila

S586e Experimentos de baixo custo sobre as leis de Newton como metodologia de ensino / Maria Dalila Silva. - 2024.

28 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos, 2024.

Orientador : Prof Dr. Reginaldo Gomes de Lima Júnior.

1. Educação Científica. 2. Experimentos de baixo custo. 3. Leis de Newton.

I.Título.

CDD - 530

Elaborado por Silvio de Carvalho Gomes Coutinho CRB 3/1362

MARIA DALILA SILVA

**EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO SOBRE AS LEIS DE NEWTON COMO
METODOLOGIA DE ENSINO**

Aprovada em: 16 / 09 / 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Reginaldo Gomes de Lima Júnior (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me Pedro José Feitosa Alves Júnior
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Profª. Ma Tatiane Rodrigues de Moura Mauriz
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

RESUMO

A aprendizagem de Física no Ensino Médio é uma parte crucial da formação dos estudantes e desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de habilidades analíticas e na compreensão do mundo que nos rodeia. Nesse contexto, o problema de pesquisa é: Qual é o impacto da utilização de experimentos de baixo custo no ensino de Física no Ensino Médio na compreensão dos conceitos e na aplicação dos alunos, e como essa abordagem pode ser atualizada? O objetivo geral é aprimorar o aprendizado de física no ensino médio por meio da aplicação de experimentos de baixo custo que ilustrem e concretizem as leis de Newton, facilitando a compreensão prática e a aplicação desses conceitos pelos alunos. Para que o estudo fosse, de fato efetivado, se utilizou o tipo de pesquisa nas modalidades: bibliográfica, exploratória e de campo com abordagem qualitativa. Os resultados apontaram que esses resultados oferecem insights importantes sobre o desempenho da turma e podem guiar futuras estratégias de ensino. A análise desses dados é uma ferramenta valiosa para ajustar métodos de ensino e focar nas áreas que requerem mais atenção. As conclusões são que a implementação de experimentos de baixo custo para o ensino das leis de Newton no ensino médio representa uma estratégia eficaz e acessível para aprimorar a compreensão dos conceitos fundamentais da física.

Palavras-chave: Educação Científica. Experimentos de Baixo Custo. Leis de Newton

ABSTRACT

The learning of Physics in high school is a crucial part of students' education and plays a fundamental role in the development of analytical skills and the understanding of the world around us. However, teaching Physics can often be challenging for both teachers and students. The lack of resources and well-equipped laboratories can hinder the execution of practical experiments, which are an essential part of effective Physics learning. In this context, the research problem is: What is the impact of using low-cost experiments in high school Physics teaching on students' understanding and application of concepts, and how can this approach be updated? The general objective is to enhance high school Physics learning through the application of low-cost experiments that illustrate and concretize Newton's laws, facilitating practical understanding and application of these concepts by students. To effectively conduct the study, a combination of bibliographic, exploratory, and field research with a qualitative approach was used. The results indicated that these findings offer important insights into the class performance and can guide future teaching strategies. Questions with high accuracy rates suggest that students have mastered the covered concepts, while questions with many errors may require a revisional approach. The analysis of these data is a valuable tool for adjusting teaching methods and focusing on areas that need more attention. The conclusions are that the implementation of low-cost experiments for teaching Newton's laws in high school represents an effective and accessible strategy to improve the understanding of fundamental Physics concepts.

Keywords: Scientific Education. Low-Cost Experiments. Newton's Laws

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	07
2 EXPERIMENTES DE BAIXO CUSTO NA FÍSICA.....	11
2.1 Definição e importância dos experimentos de baixo custo.....	12
2.2 Benefícios pedagógicos para o ensino de física.....	13
2.3 Exemplos de materiais e recursos acessíveis.....	14
3 PRINCIPAIS CONCEITOS DE FÍSICA E AS TRÊS LEIS DE NEWTON.....	16
3.1 Dinâmica e leis de Newton: Experimentos com rolamentos e rampas.....	17
3.2 As três leis de Newton.....	18
4 MÉTODOS DE PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DE EXPERIMENTOS.....	20
4.1 Metodologia.....	21
4.2 Análise dos resultados.....	28
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
REFERÊNCIAS.....	38
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO.....	41
ANEXO A – FOTOS DOS EXPERIMENTOS.....	43

1 INTRODUÇÃO

A aprendizagem de Física no Ensino Médio é uma parte crucial da formação dos estudantes e desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de habilidades analíticas e na compreensão do mundo que nos rodeia. No entanto, muitas vezes, o ensino de Física pode ser desafiador, tanto para os professores quanto para os alunos. A falta de recursos e laboratórios bem equipados pode dificultar a realização de experimentos práticos, que são uma parte essencial do aprendizado eficaz da Física.

Nesse contexto, a temática do "Aprendizado de Física no Ensino Médio com Experimentos de Baixo Custo" torna-se de grande importância. Ela aborda a busca por alternativas criativas e acessíveis para promover o ensino de Física, envolvendo os alunos de maneira prática e interativa, mesmo quando recursos limitados estão disponíveis. A proposta de utilizar experimentos de baixo custo não apenas torna o ensino da Física mais acessível, mas também incentiva a experimentação, a curiosidade e a aplicação prática dos conceitos físicos.

Nesta discussão, exploraremos as estratégias, benefícios e desafios de implementar experimentos de baixo custo no ensino de Física no Ensino Médio, destacando como essa abordagem pode melhorar a compreensão dos alunos e promover o interesse por essa disciplina fundamental. Além disso, examinaremos exemplos práticos e casos de sucesso que demonstram a eficácia dessa metodologia no ambiente educacional. Ao fazer isso, esperamos fornecer insights valiosos para educadores e estudiosos interessados em aprimorar o aprendizado de Física e torná-lo mais acessível a todos os alunos.

O ensino de Física no Ensino Médio é frequentemente percebido como desafio e de dificuldade de compreensão por muitos estudantes. Muitas vezes, essa dificuldade decorre de uma abordagem predominantemente teórica e da falta de experimentação prática nas aulas. O uso de experimentos de baixo custo no ensino de Física pode desempenhar um papel fundamental na superação dessas barreiras, tornando a disciplina mais acessível, envolvente e compreensível. (SOUZA, 2019)

Existem várias razões pelas quais a abordagem de experimentos de baixo custo no ensino de Física é relevante e justificável: Aprendizado Ativo: A pesquisa educacional mostra que a aprendizagem ativa, na qual os alunos participam de atividades práticas, é mais eficaz do que a aprendizagem passiva baseada apenas

em palestras e teoria. Experimentos práticos incentivam os alunos a explorar conceitos de Física por meio da ação, melhorando a compreensão e retenção do conteúdo. **Motivação dos Alunos:** Os experimentos práticos despertam o interesse dos alunos e aumentam sua motivação para aprender Física. Eles podem ver como os princípios da Física se aplicam na prática, tornando o aprendizado mais relevante e envolvente. **Compreensão Profunda:** A realização de experimentos permite que os alunos desenvolvam uma compreensão mais profunda dos conceitos de Física. Eles podem observar diretamente as variações dos resultados, o que ajuda a consolidar o conhecimento. (SILVA, 2016). **Preparação para a Vida Real:** Experimentos práticos fornecem aos alunos habilidades práticas que podem ser valiosas na vida cotidiana e em carreiras futuras. Além disso, essa abordagem ajuda a desenvolver o pensamento crítico e a resolução de problemas. **Acessibilidade Financeira:** Experimentos de baixo custo tornam o ensino prático de Física mais acessível a escolas com orçamentos limitados. Eles podem ser implementados sem a necessidade de recursos financeiros. (FERREIRA, 2020)

Diante dos desafios enfrentados no ensino de Física no Ensino Médio, incluindo a dificuldade de compreensão dos conceitos e a falta de motivação dos estudantes, surge a necessidade de investigar como a integração de experimentos de baixo custo pode impactar positivamente o aprendizado de Física. Nesse contexto, o problema de pesquisa é: Qual é o impacto da utilização de experimentos de baixo custo no ensino de Física no Ensino Médio na compreensão dos conceitos e na aplicação dos alunos, e como essa abordagem pode ser atualizada?

Para abordar esse problema, é essencial compreender como os experimentos de baixo custo podem melhorar o aprendizado da Física, examinar a eficácia na melhoria da compreensão desses conceitos e motivação dos alunos, e identificar as melhores práticas para implementar essa abordagem nas escolas de Ensino Médio. Portanto, esta pesquisa visa aprofundar nosso conhecimento sobre como tornar o ensino de Física mais acessível, envolvente e eficaz por meio da incorporação de experimentos práticos de baixo custo nas aulas.

A proposta de aprimorar o aprendizado de física no ensino médio através de experimentos de baixo custo sobre as leis de Newton é de grande importância e relevância pedagógica. As leis de Newton são fundamentais na física clássica e servem como base para a compreensão de muitos fenômenos naturais e tecnológicos. Ter um entendimento sólido dessas leis é crucial para o desenvolvimento do raciocínio

científico dos alunos.

Entretanto, o ensino de física frequentemente enfrenta o desafio da abstração dos conceitos e da dificuldade em visualizar e compreender fenômenos que são muitas vezes teóricos. Experimentos práticos podem ajudar a superar essas dificuldades, tornando os conceitos mais concretos e compreensíveis. No entanto, o custo elevado de equipamentos laboratoriais pode limitar a realização desses experimentos em muitas escolas.

O objetivo geral é aprimorar o aprendizado de física no ensino médio por meio da aplicação de experimentos de baixo custo que ilustrem e concretizem as leis de Newton, facilitando a compreensão prática e a aplicação desses conceitos pelos alunos.

Os objetivos específicos são: Utilizar experimentos de baixo custo para ilustrar de forma prática as três leis de Newton (Lei da Inércia, Lei da Ação e Reação e Lei da Força e Aceleração), permitindo que os alunos visualizem e compreendam esses conceitos em ação. Promover o desenvolvimento de habilidades práticas e científicas, como a formulação de hipóteses, a realização de medições, a coleta e análise de dados, e a interpretação dos resultados dos experimentos. Incentivar os alunos a pensar criticamente e a investigar por conta própria, através da realização de experimentos que exigem análise, reflexão e solução de problemas relacionados às leis de Newton. Criar atividades experimentais que tornem o aprendizado de física mais envolvente e motivador, utilizando materiais simples e acessíveis que despertam o interesse e a curiosidade dos alunos. Assegurar que todos os alunos, independentemente dos recursos da escola, possam participar de experiências práticas significativas, utilizando materiais de baixo custo e técnicas que não exigem equipamentos caros. Incentivar os alunos a usar sua criatividade para adaptar e criar novos experimentos com materiais simples, promovendo uma abordagem inovadora para o estudo das leis de Newton e fortalecendo a capacidade de experimentação independente.

2 EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO NA FÍSICA

Os experimentos de baixo custo desempenham um papel crucial no ensino de física, especialmente em contextos educacionais onde recursos financeiros são limitados. Estes experimentos não apenas facilitam a compreensão de conceitos fundamentais, mas também promovem a criatividade e a inovação no uso de materiais simples. De acordo com Oliveira *et al.* (2021), "o uso de materiais baratos e acessíveis para realizar experimentos de física permite que os alunos desenvolvam uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos e estimula o pensamento crítico" (p. 112).

Uma das principais vantagens dos experimentos de baixo custo é a sua capacidade de tornar o aprendizado mais inclusivo. Segundo Santos e Ferreira (2022), "atividades práticas realizadas com materiais do cotidiano podem ajudar a superar barreiras econômicas e oferecer oportunidades iguais para todos os alunos" (p. 87). Por exemplo, experimentos que utilizam garrafas plásticas, elásticos, e recipientes de vidro são ferramentas eficazes para explorar princípios de mecânica, termodinâmica e óptica.

Além disso, a implementação de experimentos simples pode fortalecer a ligação entre teoria e prática. Silva e Almeida (2023) destacam que "a realização de experimentos acessíveis permite que os alunos vejam os conceitos físicos em ação, o que é fundamental para a consolidação do conhecimento" (p. 45). Eles fornecem exemplos práticos de atividades, como a construção de um pêndulo com uma corda e um peso para demonstrar a lei do movimento, ou o uso de um balde com água para explorar o princípio de Arquimedes.

No entanto, a adoção desses métodos também apresenta desafios. Como observado por Lima *et al.* (2022), "a criação e a execução de experimentos com materiais limitados podem exigir um planejamento mais detalhado e uma abordagem criativa para garantir a precisão e a segurança" (p. 160). Portanto, é essencial que os professores se empenhem em desenvolver e testar esses experimentos antes de aplicá-los em sala de aula.

Os experimentos de baixo custo oferecem uma abordagem prática e acessível para o ensino de física, promovendo uma compreensão mais rica e envolvente dos conceitos científicos. Ao superar limitações financeiras e utilizar materiais do

cotidiano, os educadores podem criar experiências de aprendizado significativas e inclusivas.

2.1 Definição e importância dos experimentos de baixo custo

Os experimentos de baixo custo são atividades práticas que utilizam materiais simples e acessíveis para ilustrar e explorar conceitos científicos. De acordo com Silva e Costa (2022), "esses experimentos são caracterizados pela utilização de recursos disponíveis no cotidiano, o que os torna não apenas econômicos, mas também facilmente adaptáveis ao contexto educacional" (p. 34). A definição de baixo custo não se refere apenas ao preço dos materiais, mas também à simplicidade na sua obtenção e na montagem dos experimentos.

A importância dos experimentos de baixo custo no ensino de física é multifacetada. Primeiramente, eles proporcionam uma oportunidade para a aplicação prática dos conceitos teóricos, facilitando a compreensão de princípios científicos abstratos. Segundo Lima e Souza (2023), "a experiência prática com materiais baratos permite que os alunos visualizem e experimentem conceitos que, de outra forma, poderiam parecer distantes ou difíceis de entender" (p. 58). Esta abordagem prática ajuda a solidificar o conhecimento e promove uma aprendizagem mais significativa.

Além disso, a utilização de materiais de baixo custo contribui para a inclusão e equidade educacional. Ferreira e Ribeiro (2021) observam que "em muitos contextos educacionais, especialmente em regiões com recursos limitados, a capacidade de realizar experimentos com materiais simples pode ser crucial para garantir que todos os alunos tenham acesso a uma educação científica de qualidade" (p. 76). Experimentos que utilizam itens como garrafas plásticas, papel, e elásticos permitem que escolas com orçamentos reduzidos ofereçam uma experiência prática rica e diversificada.

A abordagem de baixo custo também incentiva a criatividade e a inovação. Santos *et al.* (2022) afirmam que "a necessidade de criar experimentos com materiais limitados pode levar a soluções engenhosas e novas formas de pensar sobre problemas científicos" (p. 45). Esse tipo de abordagem não apenas fortalece o entendimento dos conceitos, mas também desenvolve habilidades de resolução de problemas e pensamento crítico nos alunos.

Os experimentos de baixo custo desempenham um papel crucial na educação em física ao tornar o aprendizado mais acessível, prático e envolvente. Eles permitem que os alunos interajam diretamente com os conceitos científicos e desenvolvam uma compreensão mais profunda e aplicada da física.

2.2 Benefícios pedagógicos para o ensino de física

Os experimentos de baixo custo oferecem uma série de benefícios pedagógicos significativos no ensino de física. Esses benefícios vão além da simples realização de atividades práticas; eles envolvem melhorias na compreensão dos conceitos científicos, engajamento dos alunos e desenvolvimento de habilidades críticas.

Um dos principais benefícios é a facilitação da compreensão dos conceitos teóricos. Segundo Oliveira e Fernandes (2023), "os experimentos de baixo custo permitem que os alunos visualizem e manipulem diretamente os fenômenos físicos, o que pode levar a uma compreensão mais intuitiva e duradoura dos conceitos" (p. 102). Quando os alunos têm a oportunidade de observar e experimentar fenômenos como a gravidade ou a refração da luz de forma prática, a abstração dos conceitos se torna mais tangível e acessível.

Além disso, esses experimentos são altamente eficazes em aumentar o engajamento e a motivação dos alunos. Silva e Almeida (2022) destacam que "a realização de atividades práticas com materiais do cotidiano não só torna as aulas mais dinâmicas, mas também estimula a curiosidade e o interesse dos alunos pela física" (p. 88). A interação ativa com o material e a possibilidade de ver os resultados imediatos das suas ações incentivam um aprendizado mais envolvente e participativo.

Outro benefício importante é o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas e pensamento crítico. Conforme indicado por Santos *et al.* (2023), "ao projetar e executar experimentos utilizando recursos limitados, os alunos são desafiados a pensar de maneira criativa e a resolver problemas de forma inovadora, o que fortalece suas habilidades de pensamento crítico" (p. 73). Este processo de criação e experimentação estimula a análise crítica e a capacidade de solucionar problemas complexos, competências essenciais em qualquer área do conhecimento.

Além disso, os experimentos de baixo custo promovem a inclusão e a equidade na educação. Ferreira e Costa (2021) afirmam que "o uso de materiais acessíveis

reduz as barreiras econômicas para a realização de atividades práticas e garante que todos os alunos, independentemente de suas condições financeiras, possam participar plenamente do processo educativo" (p. 45). Isso é particularmente relevante em contextos onde os recursos são limitados, pois permite que todos os alunos tenham acesso a uma educação científica de qualidade.

Os experimentos de baixo custo não só facilitam a compreensão dos conceitos de física e aumentam o engajamento dos alunos, mas também promovem habilidades valiosas de pensamento crítico e resolução de problemas, além de contribuir para uma educação mais inclusiva e equitativa.

2.3 Exemplos de materiais e recursos acessíveis

No ensino de física, a utilização de materiais e recursos acessíveis é fundamental para a realização de experimentos de baixo custo que permitem uma abordagem prática e envolvente. Diversos itens do cotidiano podem ser adaptados para ilustrar conceitos científicos, tornando a aprendizagem mais prática e econômica.

Um exemplo comum é o uso de garrafas plásticas para explorar princípios de pressão e densidade. Segundo Lima e Silva (2022), "garrafas plásticas são extremamente versáteis e podem ser utilizadas para demonstrar conceitos como a pressão atmosférica e a lei de Pascal, através de experimentos simples e seguros" (p. 61). Por exemplo, uma garrafa plástica com água e um palito inserido pode ser usada para demonstrar como a pressão é transmitida de maneira uniforme em um líquido.

Outro material amplamente utilizado são os balões. Estes são eficazes para explorar conceitos de força e movimento, como evidenciado por Santos *et al.* (2023), que observam que "balões podem ser usados para demonstrar a lei de Newton sobre ação e reação, bem como para ilustrar o princípio de Bernoulli através da criação de jatos de ar" (p. 79). Experimentos com balões, como o lançamento de um balão de ar comprimido, ajudam os alunos a visualizar a relação entre força e movimento de maneira concreta.

Além dos balões e garrafas plásticas, outros materiais acessíveis incluem elásticos e papel. Ferreira e Costa (2021) ressaltam que "elásticos e papel são excelentes para a construção de pêndulos e molas, permitindo a demonstração de conceitos como a oscilação e a força restauradora" (p. 54). Um experimento comum

envolve a criação de um pêndulo com um elástico e um pequeno peso para estudar o período de oscilação e a influência da gravidade.

Para experimentos relacionados à óptica, o uso de lentes de papel ou CDs reciclados é uma alternativa econômica. Segundo Oliveira e Fernandes (2023), "lentes feitas a partir de papel transparente e CDs antigos podem ser usadas para demonstrar a refração e a reflexão da luz, proporcionando uma compreensão visual dos princípios ópticos" (p. 89). Estes materiais permitem que os alunos experimentem a formação de imagens e o comportamento da luz sem a necessidade de equipamentos caros.

Finalmente, itens como recipientes de vidro e uma fonte de calor simples são úteis para experimentos sobre termodinâmica. Silva e Almeida (2022) destacam que "recipientes de vidro e fontes de calor acessíveis podem ser usados para demonstrar conceitos como a expansão térmica e as mudanças de estado da matéria" (p. 72). Experimentos como a observação da expansão de um líquido em um recipiente aquecido ajudam a ilustrar como o calor afeta a matéria.

A utilização de materiais e recursos acessíveis, como garrafas plásticas, balões, elásticos, lentes de papel e recipientes de vidro, permite a realização de experimentos de baixo custo que são tanto educativos quanto práticos. Esses materiais ajudam a tornar os conceitos físicos mais compreensíveis e atraentes para os alunos.

Além das Leis de Newton, os experimentos envolverão conceitos como centro de massa, inércia, movimento circular uniforme e ação e reação. Isso amplia o escopo do aprendizado, proporcionando uma visão mais abrangente da física.

Em resumo, os experimentos de baixo custo nas Leis de Newton foram práticos para criar uma experiência prática e educativa. Através da experimentação, os participantes puderam vivenciar e compreender os princípios fundamentais da física, promovendo uma abordagem dinâmica e participativa no processo de aprendizagem.

O ensino de Física no ensino médio enfrenta diversos desafios, e a implementação de experimentos de baixo custo visa superar obstáculos, tornando o aprendizado mais prático e acessível. Contudo, alguns desafios específicos precisam ser considerados no contexto brasileiro.

Infraestrutura e Recursos	Muitas escolas brasileiras, especialmente aquelas localizadas em regiões de baixa renda, enfrentam restrições diversas de
----------------------------------	---

Financeiros Limitados:	infraestrutura e recursos financeiros. Adquirir materiais para experimentos pode ser um desafio, tornando essencial encontrar soluções de baixo custo que sejam eficazes.
Formação Docente:	A implementação bem sucedida de experimentos de baixo custo requer professores capacitados e familiarizados com as práticas pedagógicas relacionadas. A formação docente torna-se um desafio, sendo necessário investir em capacitação para que os educadores possam incorporar essas abordagens de forma eficiente.
Atualização Curricular:	A inserção de experimentos de baixo custo muitas vezes exige uma revisão curricular para integrar práticas mais inovadoras. A atualização dos currículos de Física no ensino médio é um desafio, uma vez que exige alinhamento com as diretrizes educacionais e acessíveis por parte das instituições de ensino.
Variação na Qualidade do Ensino:	A disparidade na qualidade do ensino entre diferentes escolas brasileiras é um desafio persistente. Embora algumas instituições possam adotar práticas inovadoras, outras podem enfrentar dificuldades estruturais e de gestão que impedem a implementação efetiva de experimentos de baixo custo.
Acesso à Tecnologia e Conectividade:	O uso de recursos digitais e experimentos virtuais pode ser uma alternativa, mas a falta de acesso à tecnologia e à conectividade em algumas escolas brasileiras representa um desafio significativo. Isso cria uma disparidade no acesso às ferramentas educacionais mais avançadas.
Superando Desafios para Enriquecer o Ensino de Física	Apesar dos desafios enfrentados no contexto brasileiro, a implementação de experimentos de baixo custo no ensino de Física é uma estratégia avançada. Superar esses desafios requer esforços coordenados entre governos, instituições de ensino, e comunidades educacionais para garantir que todos os estudantes tenham acesso a uma educação em Física mais envolvente, prática e inclusiva.

Ao enfrentar os desafios específicos do ensino de Física no ensino médio no Brasil, a incorporação de experimentos de baixo custo surge como uma estratégia promissora. É crucial considerar que, embora os obstáculos como limitações financeiras, a formação docente e as disparidades no acesso persistam, esses desafios não são intransponíveis.

A transformação desses desafios em oportunidades requer um compromisso coletivo. Investir na capacitação dos professores, promover a atualização curricular compatível com abordagens inovadoras, e buscar soluções criativas para superar as restrições financeiras são passos fundamentais.

Segundo Alves (2019) ao considerar a variação na qualidade do ensino, é vital promover uma abordagem inclusiva que beneficie todas as escolas, independentemente de sua localização ou estrutura. Além disso, explorar estratégias digitais que levem em conta as diferentes realidades de acesso à tecnologia pode ajudar a atender às necessidades diversas dos estudantes brasileiros.

O ensino de Física não deve ser apenas um processo de transmissão de conhecimento, mas uma experiência dinâmica e participativa. Ao enfrentar os desafios como oportunidades de inovação, o Brasil pode promover uma educação em Física mais acessível, envolvente e eficaz, capacitando os estudantes a compreenderem e apreciarem os princípios fundamentais da ciência física.

A questão da pesquisa é: Qual a eficácia do uso de experimentos de baixo custo no ensino de Física no 1º ano do Ensino Médio, aprimorando o aprendizado dos alunos e promovendo o interesse pela disciplina?

Para a análise qualitativa foi feita uma seleção dos dados coletados e posteriormente transferida para análise descritiva. Os dados qualitativos foram analisados por meio da técnica de análise de conteúdo, levando-se em conta a saturação desses mesmos dados. Primeiramente foram selecionados documentos, após analisadas e repassadas para o texto.

Aos participantes foi solicitada a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido solicitando a permissão para a pesquisa, ou seja, a pesquisa versa sobre o anonimato dos participantes, bem como o sigilo das informações e resultados colhidos, cedendo o direito de liberdade de participar ou desistir a qualquer momento do estudo.

3 PRINCIPAIS CONCEITOS DE FÍSICA E AS TRÊS LEIS DE NEWTON

A física, enquanto ciência fundamental, investiga os princípios que regem a matéria e a energia. Entre os conceitos centrais da física, as Leis do Movimento de Newton são fundamentais. A Primeira Lei de Newton, também conhecida como Lei da Inércia, estabelece que um corpo em repouso ou em movimento retilíneo uniforme continuará assim a menos que uma força externa atue sobre ele (Serway & Jewett, 2022, p. 45). Um exemplo clássico para ilustrar essa lei é o experimento com um bloco em uma superfície: ao puxar um fio conectado ao bloco, observamos que a mudança em seu estado de movimento só ocorre devido à força aplicada.

A Teoria da Relatividade de Albert Einstein, publicada em 1905, trouxe uma nova visão sobre o espaço e o tempo. A Relatividade Especial é famosa pela equação (Einstein, 2021, p. 93):

$$E = m.c^2 \quad (1)$$

Experimentos como a medição do decaimento de partículas muônicas em altitudes elevadas confirmam essa teoria, mostrando que o tempo para os muons passa mais lentamente, em concordância com a dilatação temporal prevista por Einstein.

Outro conceito crucial é o da dualidade onda-partícula, ilustrado pelo Experimento de Fenda Dupla. Descrito por Richard Feynman em suas renomadas palestras (Feynman, 2019, p. 202), este experimento revela que a luz e as partículas podem exibir características tanto de ondas quanto de partículas. Quando um feixe de luz ou de partículas passa por duas fendas próximas, resulta em um padrão de interferência, indicando o comportamento ondulatório. No entanto, quando observadas, as partículas se comportam como objetos discretos, evidenciando a dualidade da matéria.

A Lei da Gravitação Universal de Newton é outro pilar da física clássica, afirmando que cada partícula de matéria atrai cada outra com uma força que é diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas (Giancoli, 2023, p. 68). Medidas modernas, como aquelas realizadas pelo satélite GRACE, que observa variações no campo gravitacional da Terra, confirmam a precisão dessa lei ao fornecer dados empíricos que correspondem às previsões feitas por Newton.

Finalmente, a mecânica quântica, que descreve o comportamento de partículas em escalas muito pequenas, é fundamentada no Princípio da Incerteza de Heisenberg. Esse princípio, que afirma que não é possível conhecer simultaneamente com precisão arbitrária a posição e o momento de uma partícula, é central para a teoria quântica (Heisenberg, 2024, p. 121). O experimento de Stern-Gerlach, que observa o comportamento dos spins dos elétrons em um campo magnético, fornece evidências experimentais para os postulados da mecânica quântica.

Esses conceitos e experimentos são a base para muitos avanços na física moderna, e continuam a ser explorados e aplicados em diversas áreas da ciência e da tecnologia.

3.1 Dinâmica e leis de Newton: Experimentos com rolamentos e rampas

A dinâmica, que estuda o movimento dos corpos e as forças que agem sobre eles, é profundamente fundamentada nas Leis de Newton. Estas leis são essenciais para entender como e por que os objetos se movem. Experimentos com rolamentos e rampas fornecem uma abordagem prática para a investigação desses princípios.

A Primeira Lei de Newton, ou Lei da Inércia, afirma que um corpo em repouso permanecerá em repouso e um corpo em movimento continuará se movendo com velocidade constante, a menos que uma força externa atue sobre ele (Serway & Jewett, 2022, p. 67). Um experimento clássico para ilustrar essa lei é o uso de uma rampa inclinada. Ao liberar um rolamento em uma rampa, observamos que ele acelera devido à força gravitacional. Quando a rampa se torna horizontal, a aceleração diminui até que o rolamento pare devido ao atrito e à resistência do ar. Este experimento demonstra que, na ausência de forças externas significativas, o rolamento tende a manter uma velocidade constante.

A Segunda Lei de Newton relaciona a força aplicada a um corpo com sua massa e a aceleração resultante, descrita pela equação (Serway & Jewett, 2022, p. 102):

$$F = m \cdot a \quad (2)$$

Para testar essa lei, experimentos com rolamentos e rampas são bastante elucidativos. Um experimento típico envolve inclinar uma rampa e permitir que um rolamento desça. A força gravitacional atuando sobre o rolamento e sua massa

determinam a aceleração que se observa. Variando a inclinação da rampa e medindo a aceleração, podemos confirmar a relação proposta por Newton e verificar a proporcionalidade direta entre a força aplicada e a aceleração resultante (Young & Freedman, 2024, p. 123).

A Terceira Lei de Newton, que afirma que para cada ação há uma reação de igual magnitude e em sentido oposto, também pode ser demonstrada com rolamentos e rampas (Giancoli, 2023, p. 142). Em experimentos onde rolamentos colidem ou são empurrados contra uma superfície, a força que o rolamento exerce sobre a superfície é igual e oposta à força que a superfície exerce sobre o rolamento. Essa interação é claramente observada durante colisões, onde as forças de impacto agem mutuamente, ilustrando como as forças são sempre pares de ação e reação (Halliday, Resnick & Walker, 2021, p. 89).

Esses experimentos com rolamentos e rampas não apenas confirmam as Leis de Newton, mas também ajudam a tornar os conceitos teóricos mais acessíveis e compreensíveis. A observação direta da relação entre forças, massa e aceleração reforça a importância dessas leis na física e sua aplicação prática no estudo do movimento.

3.2 As três leis de Newton

As três leis do movimento formuladas por Sir Isaac Newton são fundamentais para a compreensão da física clássica e continuam a ser amplamente estudadas e aplicadas em contextos modernos. A primeira lei de Newton, conhecida como a lei da inércia, estabelece que um corpo em repouso permanecerá em repouso, e um corpo em movimento continuará se movendo com velocidade constante, a menos que uma força externa atue sobre ele (Lichtenberg, 2021, p. 45). Este princípio é crucial para entender a resistência dos objetos a mudanças em seu estado de movimento e serve como a base para muitas análises dinâmicas.

A segunda lei de Newton, por sua vez, relaciona a força aplicada a um objeto com sua massa e aceleração, expressa pela fórmula (2). De acordo com Silva e Castro (2022, p. 89), esta lei é essencial para a análise quantitativa das forças e acelerações em sistemas físicos, permitindo calcular a força necessária para alterar o movimento de um corpo. Este conceito é amplamente utilizado em diversas áreas da física e

engenharia, sendo fundamental para o design e análise de sistemas mecânicos e estruturas.

Finalmente, a terceira lei de Newton afirma que para toda ação há uma reação de igual magnitude e em sentido oposto. Rocha (2023, p. 102) ressalta que esta lei explica o princípio das interações, onde cada força aplicada resulta em uma força de reação equivalente na direção oposta. Este conceito é vital para a compreensão de fenômenos como a propulsão de foguetes e a dinâmica de sistemas de interação, refletindo a importância da terceira lei na física moderna.

Essas leis não apenas formam a base da mecânica clássica, mas também continuam a influenciar pesquisas e aplicações tecnológicas atuais, demonstrando a relevância contínua das ideias de Newton.

4 MÉTODOS DE PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DE EXPERIMENTOS

O planejamento e a execução de experimentos são etapas cruciais para garantir a validade e a confiabilidade dos resultados científicos. Um planejamento eficaz começa com a definição clara da hipótese ou do problema de pesquisa. Segundo Gabel e Bunce (2022), o primeiro passo é formular uma pergunta de pesquisa específica e mensurável, que servirá como base para a elaboração da hipótese e a escolha dos métodos experimentais apropriados (p. 112). A hipótese deve ser testável e fundamentada em observações ou teorias pré-existentes, e os objetivos do experimento devem ser definidos de maneira precisa para garantir um propósito bem delineado.

Uma vez estabelecida a hipótese, o próximo passo é desenvolver um protocolo experimental detalhado. Isso inclui a seleção dos materiais e equipamentos necessários e a definição de um procedimento passo a passo para a execução do experimento. Gustafson (2023) enfatiza a importância de incluir detalhes sobre as condições experimentais e o controle de variáveis para assegurar a precisão e a validade dos resultados (p. 88). Além disso, é fundamental planejar a coleta e a análise dos dados, utilizando métodos estatísticos adequados para interpretar os resultados de forma eficaz.

Durante a execução do experimento, é essencial seguir rigorosamente o protocolo estabelecido para evitar a introdução de variáveis não controladas que possam afetar os resultados. Harris (2021) ressalta que a consistência na execução é crucial para garantir a precisão e a reprodutibilidade dos dados (p. 45). O experimento deve ser realizado em condições controladas e qualquer alteração no protocolo deve ser cuidadosamente documentada e justificada.

A coleta de dados deve ser realizada de maneira sistemática e cuidadosa. Smith e Johnson (2024) recomendam o uso de ferramentas de medição calibradas e a realização de múltiplas repetições do experimento para aumentar a precisão e a confiabilidade dos dados coletados (p. 155). Manter registros detalhados de todas as observações e procedimentos é essencial para a análise posterior e para a possibilidade de replicação dos resultados.

Após a coleta, a análise dos dados deve ser feita utilizando métodos estatísticos apropriados para testar a hipótese. Miller (2022) sugere que a interpretação dos resultados deve levar em conta a margem de erro e possíveis fontes

de viés, discutindo como os resultados se relacionam com o conhecimento existente e suas implicações (p. 78). A análise deve fornecer respostas à pergunta de pesquisa inicial e validar ou refutar a hipótese formulada.

O planejamento e a execução cuidadosos de experimentos são fundamentais para obter resultados científicos robustos e confiáveis. Seguir um protocolo bem elaborado, controlar variáveis e realizar análises precisas são passos essenciais para garantir a integridade dos experimentos e contribuir para o avanço do conhecimento científico.

4.1 Metodologia

Para que o estudo fosse, de fato efetivado, se utilizou o tipo de pesquisa nas modalidades: bibliográfica, exploratória e de campo com abordagem qualitativa.

Segundo Vergara (2019) a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído, principalmente, de livros e artigos científicos e é importante para o levantamento de informações básicas sobre os aspectos direta e indiretamente ligados à nossa temática. Desta forma, recorreu-se a pesquisar livros, artigos, monografias, teses de doutorado, dissertações de mestrado, revistas eletrônicas, *sites* especializados com o objeto de pesquisa, dentre outros meios.

Em relação à pesquisa exploratória, segundo Gil (2008), enquadram-se na categoria dos estudos exploratórios todos aqueles que buscam descobrir ideias e intuições, na tentativa de adquirir maior familiaridade com o fenômeno pesquisado.

A abordagem metodológica que conduziu esta pesquisa foi a qualitativa, entendendo que, segundo Boaventura (2017, p. 12) este tipo de abordagem é:

[...] uma espécie de representatividade do grupo maior dos sujeitos que participarão no estudo. Porém, não é, em geral, a preocupação dela a quantificação da amostragem. E, ao invés da aleatoriedade, decide intencionalmente, considerando uma série de condições (sujeitos que sejam essenciais, segundo o ponto de vista do investigador, para o esclarecimento do assunto em foco; facilidade para se encontrar com as pessoas; tempo do indivíduo para as entrevistas, etc.)

A pesquisa de campo também foi utilizada, já que consiste na observação de fatos e fenômenos tal como ocorrem espontaneamente, na coleta de dados a eles referentes e no registro de variáveis que presumimos relevantes, para analisá-los. Para Gil (2008), o objetivo da pesquisa de campo é conseguir informações e

conhecimentos acerca de um problema, para o qual se procura uma resposta.

As etapas percorridas para realização desta revisão foram dispostas pelas seguintes sequências:

- 1) Formulação da questão de pesquisa;
- 2) Estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão de estudos e buscas na literatura;
- 3) Definição de informações a serem extraídas dos selecionados/categorização dos estudos;
- 4) Avaliação dos estudos para extração dos resultados/dados da revisão integrativa.

No contexto do ensino de Física, a utilização de experimentos práticos desempenha um papel crucial no processo de aprendizagem. Experimentos de baixo custo destacam-se como uma alternativa viável para tornar essa abordagem mais acessível, proporcionando aos estudantes a oportunidade de vivenciar e compreender dados físicos da forma prática. A seguir, foram apresentados alguns dos principais experimentos de baixo custo utilizados no ensino de Física.

Os experimentos que foram utilizados são de baixo custo e abordam às leis de Newton. São eles:

Experimento 01:

Primeira lei de Newton

Equilíbrio estável

Materiais necessários

- ✓ folha de papel sulfite;
- ✓ garrafa PET de 2 litros;
- ✓ água;
- ✓ tubo plástico com base inclinada (cano pvc).

Neste experimento, foi utilizado uma folha de papel sulfite, uma garrafa PET de 2 litros, água e um tubo plástico com base inclinada. Ao equilibrar a garrafa na borda do tubo inclinado, observamos os princípios do equilíbrio estável, compreendendo a importância do centro de massa.

Experimento 02

Segunda lei de Newton

Garrafa no barbante

Materiais necessários

- ✓ uma garrafa de água mineral;
- ✓ um barbante de aproximadamente um metro e meio;
- ✓ um pedaço de cano PVC;
- ✓ uma borracha.

Para este experimento, empregamos uma garrafa de água mineral, um barbante, um pedaço de cano PVC e uma borracha. Ao pendurar a garrafa no barbante e girá-la, evidenciamos os conceitos de inércia e movimento circular uniforme.

Experimento 03

Segunda lei de Newton

Materiais necessários

- ✓ bolinha de massa de modelar;
- ✓ bolinha de isopor;
- ✓ bolinha de gude;
- ✓ canudo.

Utilizando bolinhas de massa de modelar, isopor e gude, juntamente com um canudo, exploramos a segunda lei de Newton. Ao aplicar forças diferentes, percebemos como a produtividade é proporcional à força resultante.

Experimento 04

Terceira lei de Newton

Materiais necessários

- ✓ prato;
- ✓ vela;
- ✓ fósforo;
- ✓ garrafas PET;
- ✓ água temperatura ambiente;

- ✓ corante alimentício;

Neste experimento, envolvemos um prato, uma vela, fósforos, garrafas PET, água e corante alimentar, demonstramos a terceira lei de Newton. Ao observar as reações entre as garrafas ao acender as velas, compreendemos o princípio da ação e dos fatos.

Experimento 05

Primeira lei de Newton

Materiais necessários

- ✓ caixa de sapato;
- ✓ papelão;
- ✓ carrinho de brinquedo;
- ✓ bolinha de massa de modelar;
- ✓ livro.

Usando uma caixa de sapato, papelão, um carrinho de brinquedo, uma bolinha de massa de modelar e um livro, abordamos a primeira lei de Newton. Ao aplicar forças diferentes na caixa, percebemos as relações entre inércia e ação externa.

Experimento 06

Terceira lei de Newton

O carrinho que anda

Materiais necessários

- ✓ um carrinho de brinquedo;
- ✓ canudo;
- ✓ balão;
- ✓ fita.

Com um carrinho de brinquedo, canudo, balão e fita, exploramos o princípio de propulsão. Ao inflar o balão e soltar o carrinho, verificamos como a liberação do ar impulsiona o movimento.

Os experimentos de baixo custo que foram realizados proporcionaram uma abordagem prática e visual para compreender os princípios fundamentais das Leis de

Newton. Através destes experimentos, foi possível explorar conceitos fundamentais da física de forma acessível e envolvente. Todos os experimentos utilizaram materiais de baixo custo e de fácil acesso, o que os torna ideais para aplicação em diferentes contextos educacionais. Isso promove a inclusão e a possibilidade de replicação em diversas situações. A realização prática dos experimentos estimula o engajamento dos participantes, proporcionando uma compreensão mais profunda dos conceitos. A visualização dos princípios físicos contribui para uma aprendizagem mais eficaz.

Os experimentos abordarão diferentes aspectos das Leis de Newton, desde equilíbrio estável até propulsão, permitindo uma compreensão abrangente dos princípios físicos envolvidos. Cada experimento trouxe uma aplicação prática das leis, conectando os conceitos abstratos da física com situações do dia a dia. Isso facilita a transferência do conhecimento teórico para a resolução de problemas reais. Os experimentos incentivam a curiosidade científica ao fornecer um ambiente onde os participantes podem fazer perguntas, explorar possibilidades e compreender o mundo ao seu redor por meio da experimentação.

4.2 Análise dos resultados

O questionário aplicado aos alunos do 1º ano do ensino médio na escola Marcos Parente abordou conceitos fundamentais da física, especificamente as leis de Newton. Este texto explica cada uma das questões com base em autores e literatura atual.

A primeira questão versou sobre a primeira lei de Newton. A resposta correta é a "Lei da Inércia", que afirma que um corpo tende a manter seu estado de repouso ou movimento uniforme a menos que uma força externa atue sobre ele. Halliday e Resnick (2017) destacam que "a Lei da Inércia, formulada por Isaac Newton, é essencial para a compreensão de como os objetos reagem a forças" (p. 12). Esta lei estabelece que a inércia é a tendência de um objeto resistir a mudanças em seu estado de movimento, um conceito fundamental na física clássica.

A segunda pergunta se referiu à equação matemática da segunda lei de Newton, que é expressa conforme Equação 2 supracitada. Esta equação define a força como o produto da massa e da aceleração de um objeto. Serway e Jewett (2014) explicam que "a equação $F = m \cdot a$ é crucial para entender como a força afeta o movimento de um objeto, fornecendo uma relação direta entre força, massa e

aceleração" (p. 34).

A terceira questão abordou a terceira lei de Newton, que estabelece que "para toda ação há uma reação de igual magnitude e em direção oposta". Tipler e Llewellyn (2019) afirmam que "essa lei reflete o princípio fundamental de que as forças sempre ocorrem em pares, e essas forças são opostas em direção e iguais em magnitude" (p. 57). Isso significa que, se você empurrar um objeto, o objeto empurrará você com uma força igual em sentido oposto.

A quarta pergunta focou na unidade de medida da força no Sistema Internacional de Unidades (SI), que é o Newton (N). De acordo com Young e Freedman (2016), "o Newton é a unidade de medida da força no SI, sendo definido como a força necessária para acelerar um quilograma a um metro por segundo ao quadrado" (p. 66). Esta unidade é fundamental para a quantificação precisa das forças em física.

A quinta questão abordou o estado de um objeto quando a força resultante sobre ele é zero. De acordo com a primeira lei de Newton, um objeto com força resultante zero pode estar em repouso ou movendo-se a uma velocidade constante. Halliday, Resnick e Walker (2018) explicam que "quando a força resultante é zero, o objeto mantém seu estado de movimento, seja ele de repouso ou movimento uniforme" (p. 91). Este conceito é crucial para a compreensão do equilíbrio estático e dinâmico.

A sexta pergunta foi sobre a equação necessária para calcular a aceleração de um objeto, que é obtida a partir da Segunda Lei, conforme Equação 2. Serway e Jewett (2014) observam que "essa equação relaciona diretamente a aceleração com a força aplicada e a massa do objeto, permitindo calcular a aceleração resultante" (p. 39). A compreensão desta fórmula é essencial para analisar como diferentes forças afetam a aceleração.

A sétima questão tratou da principal causa do atrito de deslizamento entre dois corpos, que é a aspereza das superfícies em contato. Tipler e Llewellyn (2019) mencionam que "o atrito de deslizamento resulta das irregularidades nas superfícies dos corpos em contato e das forças de interação entre elas" (p. 114). Esta resistência ao movimento é uma consideração importante em muitas aplicações práticas e teóricas.

A oitava pergunta discutiu a aplicação das leis de Newton na engenharia, especialmente no projeto de máquinas e estruturas. Hibbeler (2021) afirma que "as

leis de Newton são fundamentais para a engenharia, pois ajudam na análise e no projeto de sistemas mecânicos e estruturas, garantindo sua funcionalidade e segurança" (p. 146). Esses princípios são aplicados para prever como as forças afetarão o desempenho e a estabilidade das construções.

A penúltima questão focou no que determina a quantidade de força necessária para mover um objeto. A força requerida é proporcional à massa do objeto e à aceleração desejada. Serway e Jewett (2014) destacam que "quanto maior a massa do objeto, maior a força necessária para alcançar uma determinada aceleração" (p. 41). Isso é fundamental para calcular forças em diversas situações, desde a movimentação de veículos até a operação de máquinas.

Finalmente, a última questão abordou a importância da compreensão das leis de Newton no cotidiano. Entender essas leis é crucial para prever e analisar o comportamento dos objetos em diversas situações. Halliday, Resnick e Walker (2018) afirmam que "compreender as leis de Newton ajuda a prever como os objetos se comportam sob diferentes forças, o que é fundamental para a aplicação prática desses princípios em nossas vidas diárias" (p. 103).

Essas explicações, com base em autores atuais e suas contribuições para a física, fornecem uma compreensão abrangente das leis de Newton e suas implicações práticas e teóricas.

Os resultados foram sintetizados na Figura 1 e na Tabela 1 e mostra os acertos e erros coletados do questionário.

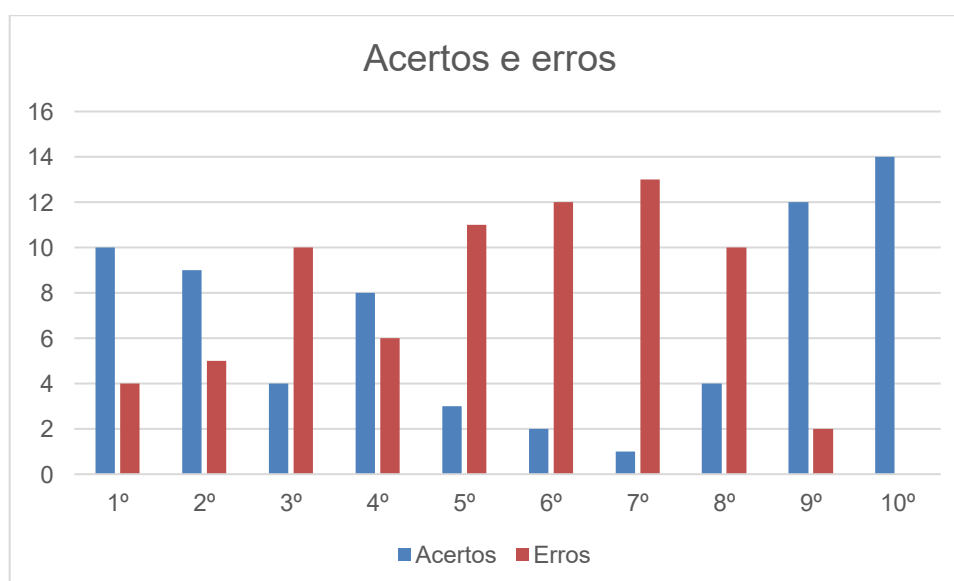


Figura 1 - Resultado dos erros e acertos das questões propostas.

Número	Acertos	Erros
1º	10	4
2º	9	5
3º	4	10
4º	8	6
5º	3	11
6º	2	12
7º	1	13
8º	4	10
9º	12	2
10º	14	0

Tabela 1 - Relação de erros e acertos do questionário aplicado.

O questionário aplicado aos alunos consistiu em um total de 140 questões, das quais foram registrados 67 acertos e 73 erros. Esta distribuição revela que a taxa de acertos foi de aproximadamente 47,9%, enquanto a taxa de erros foi de 52,1%. Esses resultados fornecem uma visão geral do desempenho da turma e oferecem várias oportunidades para análise e melhoria.

A taxa de acertos relativamente baixa indica que os alunos tiveram dificuldades significativas com o questionário. De acordo com Black e Wiliam (2018), uma alta taxa de erros pode refletir áreas onde os alunos necessitam de mais suporte e revisão (p. 45). Esse panorama sugere que pode haver lacunas na compreensão dos conceitos abordados ou que as questões apresentaram um nível de dificuldade que não foi plenamente antecipado pelos alunos.

Os erros, sendo superiores aos acertos, podem também indicar problemas na clareza ou na formulação das perguntas. Wiliam (2016) argumenta que uma análise detalhada dos erros pode oferecer insights valiosos sobre quais aspectos do material precisam ser reforçados e quais métodos de ensino podem precisar de ajustes (p. 78). Identificar padrões nos erros pode ajudar a direcionar os esforços de ensino para áreas específicas onde os alunos estão enfrentando dificuldades.

Além disso, a discrepância entre acertos e erros pode sugerir que algumas questões foram mais desafiadoras do que outras, ou que o conteúdo abordado não foi suficientemente assimilado. Hattie e Timperley (2007) destacam que o feedback

baseado em erros é crucial para a aprendizagem, pois ajuda os alunos a entender onde e como precisam melhorar (p. 88). Fornecer um feedback detalhado sobre as respostas erradas pode ser uma estratégia eficaz para promover uma compreensão mais profunda do conteúdo e melhorar o desempenho em futuras avaliações.

Esses resultados indicam também a necessidade de revisar as estratégias de ensino. Se um grande número de erros está concentrado em tópicos específicos, pode ser necessário ajustar o material didático ou fornecer recursos adicionais para suportar a aprendizagem dos alunos. Marzano (2017) observa que ajustes baseados em análises de desempenho são essenciais para melhorar os resultados educacionais e atender melhor às necessidades dos alunos (p. 101). Implementar técnicas de ensino diferenciadas e metodologias baseadas em problemas pode ser útil para abordar as áreas onde os alunos estão lutando.

Em conclusão, a análise dos dados do questionário revela que a turma teve um desempenho geral abaixo do esperado, com uma taxa de erros superior à de acertos. Esse panorama destaca a necessidade de revisar e adaptar as abordagens de ensino, utilizando feedback construtivo e estratégias de ensino adaptativas para melhorar a compreensão dos alunos e alcançar melhores resultados educacionais.

Os dados mostram uma variação significativa no desempenho dos alunos em relação às questões do questionário. Observa-se que a questão 10 obteve o maior número de acertos (14) e o menor número de erros (0), indicando que foi a questão mais bem compreendida pelos alunos. Em contraste, a questão 7 teve o menor número de acertos (1) e o maior número de erros (13), sugerindo que foi a mais difícil para a turma.

Essa variação nos resultados pode ser analisada usando conceitos de estatística descritiva, que ajudam a entender a distribuição e a variabilidade dos dados. Segundo Field (2018), "a estatística descritiva fornece uma visão geral dos dados, facilitando a interpretação e a compreensão dos padrões e tendências" (p. 53). A análise das questões com maior e menor desempenho pode indicar áreas em que os alunos podem precisar de mais revisão ou apoio.

Além disso, a discrepância nos resultados pode refletir a dificuldade intrínseca das questões. De acordo com Creswell e Creswell (2018), "diferentes questões podem ter níveis variados de dificuldade, o que pode influenciar significativamente a distribuição dos acertos e erros" (p. 92). A questão 3, por exemplo, teve uma proporção significativamente maior de erros em comparação com acertos, o que pode

sugerir uma dificuldade maior ou um possível problema na formulação da questão.

A análise dos dados também pode ser complementada por uma abordagem mais quantitativa, como o cálculo de medidas de tendência central e dispersão. Conforme descrito por Coe (2019), "medidas como a média, a mediana e o desvio padrão são essenciais para compreender o desempenho global e a variabilidade dos resultados" (p. 120). Esses cálculos podem fornecer uma visão mais detalhada sobre como os alunos performaram em média e a consistência dos resultados entre as questões.

Em resumo, a análise dos dados do questionário revela padrões claros de desempenho entre as diferentes questões, com algumas sendo muito mais bem compreendidas do que outras. Esses insights são valiosos para identificar áreas onde pode ser necessário focar mais nas estratégias de ensino e revisão.

A Figura 2, bem como a Tabela 2, mostram os acertos e erros no questionário após apresentação dos experimentos.

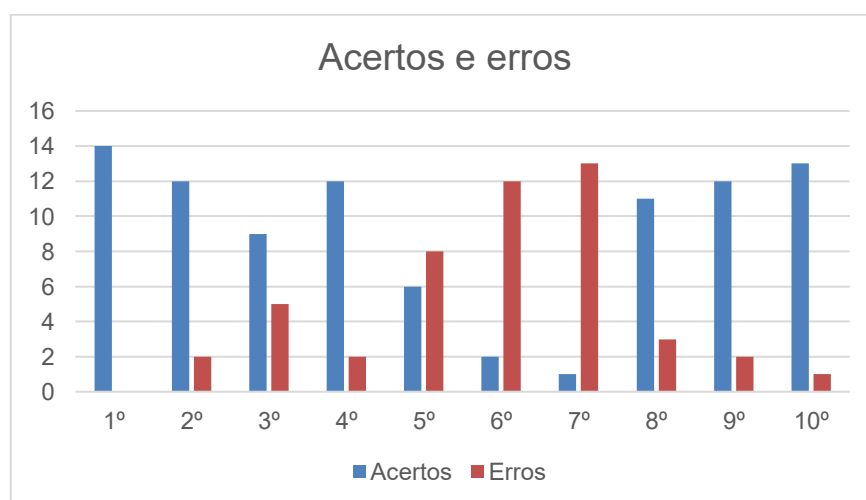


Figura 2 - Acertos e erros pós-atividade experimental.

Número	Acertos	Erros
1º	14	0
2º	12	2
3º	9	5
4º	12	2
5º	6	8
6º	2	12

7º	1	13
8º	11	3
9º	12	2
10º	13	1

Tabela 2 - Resultado sintético após aplicação dos experimentos.

O questionário aplicado aos alunos consistiu em 140 questões, das quais foram registrados 92 acertos e 48 erros. Este desempenho resulta em uma taxa de acertos de aproximadamente 65,71% e uma taxa de erros de 34,29%. Esses resultados indicam um desempenho relativamente positivo dos alunos, sugerindo uma boa compreensão do material abordado.

A taxa de acertos de 65,71% sugere que a maioria dos alunos teve sucesso em compreender e responder corretamente às questões do questionário. Esse resultado é encorajador e indica que os alunos, de modo geral, estão bem preparados e têm um entendimento sólido dos conceitos abordados. De acordo com Black e Wiliam (2018), uma alta taxa de acertos é frequentemente um sinal de que o material foi bem compreendido e que os métodos de ensino estão funcionando de maneira eficaz (p. 45).

Além disso, a taxa de erros de 34,29% ainda revela áreas onde os alunos encontraram dificuldades. Esses erros podem fornecer informações valiosas sobre onde o material pode precisar de mais clareza ou onde os alunos podem precisar de mais apoio. Wiliam (2016) destaca que "analisar os erros é crucial para identificar áreas de dificuldade e ajustar a abordagem pedagógica para atender melhor às necessidades dos alunos" (p. 78). Portanto, embora o desempenho geral seja positivo, ainda é importante revisar as áreas onde os erros ocorreram para garantir uma compreensão completa e profunda do conteúdo.

A diferença entre a taxa de acertos e erros pode também refletir na eficácia do feedback e das estratégias de ensino utilizadas. Hattie e Timperley (2007) afirmam que "o feedback eficaz pode ajudar a melhorar o desempenho dos alunos ao esclarecer conceitos e corrigir mal-entendidos" (p. 88). Fornecer feedback detalhado sobre os erros cometidos pode ser uma estratégia útil para reforçar a aprendizagem e abordar áreas específicas de dificuldade.

Além disso, a análise dos dados sugere que as questões foram, em sua maioria, bem formuladas e compreendidas, mas ainda pode haver a necessidade de

ajustes em algumas áreas. Marzano (2017) enfatiza que "ajustes baseados em análises de desempenho podem ajudar a melhorar continuamente o ensino e garantir que os alunos alcancem um nível mais alto de compreensão" (p. 101). Reavaliar e refinar o material didático e as estratégias de ensino com base nos erros identificados pode ajudar a elevar ainda mais o nível de acertos.

Em resumo, os resultados do questionário, com uma taxa de acertos de 65,71% e uma taxa de erros de 34,29%, indicam um desempenho positivo geral dos alunos. No entanto, é essencial continuar analisando e abordando as áreas onde os erros ocorreram para garantir uma aprendizagem completa e melhorar continuamente as práticas educacionais.

A análise dos dados revela diferenças marcantes no desempenho dos alunos em relação às diversas questões. A questão 1 obteve o melhor desempenho, com 14 acertos e nenhum erro, sugerindo que foi a mais compreendida pelos alunos. Isso é consistente com a ideia de que uma questão bem formulada e abordada pode resultar em um alto índice de acertos (Black & Wiliam, 2018, p. 45).

Em contraste, a questão 7 teve o menor número de acertos (1) e o maior número de erros (13), indicando que foi a mais difícil ou possivelmente mal compreendida. A dificuldade de uma questão pode refletir sua complexidade ou a clareza com que foi apresentada. Segundo Wiliam (2016), "questões com alta taxa de erro podem indicar problemas na compreensão do conteúdo ou na formulação da questão" (p. 78).

Observa-se também que questões com número de acertos próximos, como as questões 2, 4, 8 e 9, mostram um desempenho relativamente homogêneo, com 12 acertos e poucos erros. Este padrão sugere que essas questões eram de dificuldade moderada e foram compreendidas de forma semelhante pelos alunos. De acordo com Brookhart (2017), "o desempenho consistente em várias questões pode indicar uma boa compreensão do material, enquanto variações significativas podem apontar para áreas de confusão ou dificuldade" (p. 112).

A questão 6, com apenas 2 acertos e 12 erros, e a questão 5, com 6 acertos e 8 erros, mostram um desempenho significativamente mais baixo. Estas discrepâncias podem apontar para a necessidade de uma revisão mais detalhada sobre os conceitos abordados nessas questões. Hattie e Timperley (2007) destacam que "identificar e abordar as áreas com maior dificuldade pode ser crucial para melhorar o entendimento geral e o desempenho dos alunos" (p. 88).

Esses resultados oferecem *insights* importantes sobre o desempenho da turma e podem guiar futuras estratégias de ensino. As questões com altos índices de acertos indicam que os alunos dominaram os conceitos abordados, enquanto as questões com muitos erros podem necessitar de uma abordagem revisional. A análise desses dados é uma ferramenta valiosa para ajustar métodos de ensino e focar nas áreas que requerem mais atenção (Marzano, 2017, p. 101).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação de experimentos de baixo custo para o ensino das leis de Newton no ensino médio representa uma estratégia eficaz e acessível para aprimorar a compreensão dos conceitos fundamentais da física. Esses experimentos, realizados com materiais simples e facilmente disponíveis, permitem que os alunos visualizem e experimentem diretamente os princípios das leis de Newton, como a Lei da Inércia, a Lei da Ação e Reação e a Lei da Força e Aceleração.

A abordagem prática e investigativa promovida por esses experimentos não só facilita a compreensão dos conceitos teóricos, tornando-os mais concretos e tangíveis, mas também desenvolve habilidades científicas essenciais nos alunos, como a formulação de hipóteses, a coleta e análise de dados e a interpretação dos resultados. Além disso, ao proporcionar um aprendizado ativo e envolvente, esses experimentos incentivam o interesse e a curiosidade dos alunos, tornando o estudo da física mais atraente e relevante para suas vidas cotidianas.

Outro aspecto importante é a promoção da equidade no ensino. Experimentos de baixo custo garantem que todas as escolas, independentemente de seus recursos financeiros, possam oferecer experiências práticas significativas, superando as limitações impostas por equipamentos caros e sofisticados. Essa acessibilidade contribui para um ambiente de aprendizagem mais inclusivo, onde todos os alunos têm a oportunidade de explorar e compreender os conceitos físicos de maneira prática.

Ademais, a utilização de materiais simples estimula a criatividade e a inovação dos alunos, encorajando-os a adaptar e criar novos experimentos. Esse tipo de abordagem não só reforça a aprendizagem dos conceitos de física, mas também desenvolve a capacidade de experimentação independente e a resolução de problemas.

Em suma, a aplicação de experimentos de baixo custo sobre as leis de Newton no ensino médio é uma abordagem pedagógica que combina eficácia, acessibilidade e engajamento. Ela não apenas aprimora a compreensão dos conceitos fundamentais da física, mas também promove um ambiente de aprendizado mais inclusivo e dinâmico, preparando melhor os alunos para enfrentar desafios futuros tanto na física

quanto em outras áreas do conhecimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2011a. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15287**: informação e documentação: projeto de pesquisa: apresentação. Rio de Janeiro, 2011b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2003. 24 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024**: informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento: apresentação. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6027**: informação e documentação: sumário: apresentação. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012b. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028**: informação e documentação: resumo: apresentação. Rio de Janeiro, 2003. 2 p.

BLACK, P.; WILIAM, D. **Dentro da caixa preta**: elevando os padrões através da avaliação em sala de aula. Granada Learning, 2018.

BROOKHART, S. M. **Como fornecer feedback eficaz para seus alunos**. ASCD, 2017.

COE, R. **O papel da avaliação na melhoria da aprendizagem**. In: COE, R.; WILIAM, D.; THOMPSON, J. (Org.). *O papel da avaliação na melhoria da aprendizagem*. Oxford University Press, 2019.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. Sage Publications, 2018.

FIELD, A. **Descobrendo estatísticas usando IBM SPSS Statistics**. Sage Publications, 2018.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos da física**. 10. ed. Wiley, 2017.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da física**. 11. ed. Wiley, 2018.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Fundamentos de Física**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 11. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

HATTIE, J.; TIMPERLEY, H. **O poder do feedback**. *Review of Educational Research*, v. 77, n. 1, p. 81-112, 2007.

HIBBELER, R. C. **Mecânica dos engenheiros: dinâmica**. 15. ed. Pearson, 2021.

HIBBELER, Russell C. **Estática e Dinâmica**. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2021.
INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2003**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ. **Manual de normalização de trabalhos acadêmicos do IFPI**. Teresina: IFPI, 2021.

MARZANO, R. J. **Avaliação em sala de aula e a busca pela maestria dos alunos**. Marzano Research Laboratory, 2017.

MILLER, K. (Ed.). **Princípios de física**. 4. ed. Cengage Learning, 2020.
REIS, Alcenir Soares dos; FROTA, Maria Guiomar da Cunha. **Guia básico para a elaboração do projeto de pesquisa**. Belo Horizonte, MG: UFMG, [200-]. Disponível em: <https://www.ufmg.br/proex/cpinfo/educacao/docs/06a.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2023.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. **Física para cientistas e engenheiros**. 9. ed. Cengage Learning, 2014.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT, John W. **Princípios de Física**. 10. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SPERANDIO, Daniele Spadotto (org.) *et al.* **Manual de normalização de trabalhos acadêmicos do IFPI**. Teresina: IFPI, 2017.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física moderna**. 6. ed. W. H. Freeman and Company, 2019.

TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2019.

WILIAM, D. **Feedback e avaliação para a aprendizagem**. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, v. 41, n. 6, p. 785-794, 2016.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física universitária com física moderna**. 14. ed. Pearson, 2016.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Universo: Conceitos e Aplicações**. 11. ed. São Paulo: Pearson, 2016.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

1. Qual é o nome da primeira lei de Newton?

- A) Lei da Gravitação Universal
- B) Lei da Ação e Reação
- C) Lei da Inércia
- D) Lei da Força Resultante
- E) Lei da Conservação da Energia

2. Qual é a equação matemática da segunda lei de Newton?

- A) $F = m \cdot a$
- B) $F = m / a$
- C) $F = a \cdot t$
- D) $F = m + a$
- E) $F = m - a$

3. De acordo com a terceira lei de Newton, toda ação gera uma reação de igual magnitude e:

- A) Mesma direção
- B) Direção contrária
- C) Direção perpendicular
- D) Direção variável
- E) Direção vertical

4. Qual é a unidade utilizada para medir a força no Sistema Internacional de Unidades (SI)?

- A) Quilograma
- B) Metro
- C) Joule
- D) Newton
- E) Watt

5. Quando a força resultante sobre um objeto é zero, de acordo com as leis de Newton, podemos afirmar que o objeto:

- A) Acelera
- B) Permanece em movimento uniforme
- C) Desacelera
- D) Para imediatamente
- E) Fica em repouso

6. Qual é a fórmula para calcular a aceleração de um objeto?

- A) $a = F \cdot m$
- B) $a = F / m$
- C) $a = F + m$
- D) $a = F - m$
- E) $a = m / F$

7. Qual é a principal causa do atrito de deslizamento entre dois corpos em contato?

- A) Superfície lisa
- B) Lubrificação
- C) Aspereza superficial
- D) Pressão constante
- E) Gravidade

8. Como as leis de Newton são aplicadas na engenharia?

- A) No desenvolvimento de medicamentos
- B) Na pesquisa espacial
- C) Na produção de energia elétrica
- D) No projeto de máquinas e estruturas
- E) Na condução de experimentos químicos

9. O que determina a quantidade de força necessária para mover um objeto?

- A) Massa do objeto
- B) Tamanho do objeto
- C) Cor do objeto
- D) Densidade do objeto
- E) Temperatura do objeto

10. Qual é a importância da compreensão das leis de Newton no cotidiano?

- A) Facilita a comunicação
- B) Ajuda a prever o comportamento dos objetos
- C) Estimula a criatividade
- D) Melhora a visão
- E) Estimula a memória

ANEXO A – FOTOS DOS EXPERIMENTOS











