

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E HUMANIDADES  
GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA PLENA EM FÍSICA



**Explorando a Mecânica Clássica: propostas de atividades ativas para o ensino de física**

MARIA CECÍLIA BARBOSA PEREIRA

GOIÂNIA  
2024

MARIA CECÍLIA BARBOSA PEREIRA

**Explorando a Mecânica Clássica: propostas de atividades ativas para o ensino de física**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Formação de Professores e Humanidades, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título licenciatura em física.

Orientador: Me. Clebes André da Silva.

GOIÂNIA  
2024

Autorizo, para fins de estudo e de pesquisa, a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho de conclusão de curso, em meio convencional ou eletrônico, desde que a fonte seja citada.

MARIA CECÍLIA BARBOSA PEREIRA

**Explorando a Mecânica Clássica: propostas de atividades ativas para o ensino de física**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em sua forma final pela Escola de Formação de Professores e Humanas, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, para a obtenção do título de licenciatura em física, em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Me. Clebes André da Silva  
Pontifícia Universidade Católica de Goiás

---

Prof. Dr. Anderson da Costa Silva  
Pontifícia Universidade Católica de Goiás

---

Prof. Dr. Renato Medeiros  
Universidade Estadual de Goiás

GOIÂNIA  
2024



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E  
HUMANIDADES  
CURSO DE LICENCIATURA em FÍSICA

**Ata de Defesa Pública do Trabalho de Conclusão de Curso**

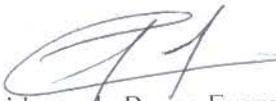
Aos decimo primeiro dia do mês de dezembro de 2024, às 20:00 horas, em sessão pública na sala 406 do Bloco A da Área 6 da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, na presença da Banca Examinadora presidida pelo Professor Me Clebes André da Silva, e composta pelos examinadores:

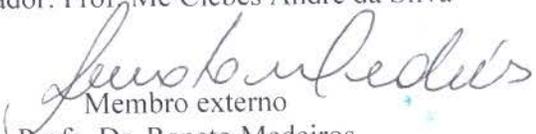
1. Membro externo: Dr. Renato Medeiros
2. Membro interno: Dr. Anderson da Costa Silva
3. Membro interno: Me. Edson Vaz

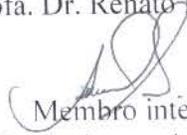
A estudante MARIA CECÍLIA BARBOSA PEREIRA apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso II intitulado:

**Explorando a Mecânica Clássica: Propostas de Atividades Práticas para o Ensino de Física**, como requisito curricular indispensável para a integralização do Curso de Licenciatura em Física. Após reunião em sessão reservada, a Banca Examinadora deliberou e decidiu pela **APROVAÇÃO** do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente ao estudante e demais presentes.

Na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que segue assinada por mim, pelos demais examinadores e pelo estudante. Fica formalmente definido que a nota final será registrada somente após a correção e entrega da versão final do trabalho, dentro das normas exigidas pelo Curso e pela PUC Goiás.

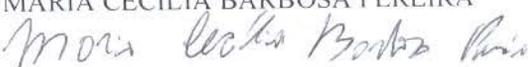
  
Presidente da Banca Examinadora:  
Orientador: Prof. Me Clebes André da Silva

  
Membro externo  
Profa. Dr. Renato Medeiros

  
Membro interno  
Prof. Dr. Anderson da Costa Silva

  
Membro interno  
Prof. Me. Edson Vaz

Acadêmica  
MARIA CECÍLIA BARBOSA PEREIRA



## AGRADECIMENTOS

Neste momento tão especial da minha vida, não poderia deixar de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas que foram fundamentais na minha trajetória até aqui. Este trabalho é, em grande parte, um reflexo do amor, do apoio e da dedicação que recebi ao longo dos anos. Primeiramente, agradeço à minha mãe, que sempre foi meu pilar e meu maior incentivo. Mãe, você deu o seu melhor para me levar onde estou e para moldar quem sou hoje. Sua força, resiliência e amor incondicional foram essenciais em cada passo dessa jornada. Obrigado por acreditar em mim, mesmo quando eu duvidava de mim mesmo.

Aos meus avós, que são tudo na minha vida, minha eterna gratidão. Vocês sempre foram fontes de sabedoria e amor, e suas histórias e ensinamentos me guiaram em momentos de dúvida. Cada sorriso e cada palavra de carinho de vocês foram fundamentais para eu seguir em frente.

Minha tia também merece um reconhecimento especial. Obrigado por me acolher e me amparar em momentos difíceis, sempre me oferecendo suporte e conselhos sábios. Sua presença em minha vida é um verdadeiro presente.

Agradeço aos meus professores, que foram guias nessa jornada de aprendizado. Em especial, ao Professor Edson, cuja dedicação e incentivo foram decisivos para meu crescimento. Sua disposição em ajudar e compartilhar conhecimento fez toda a diferença.

Um agradecimento especial também ao Professor Clebes André, que desde o início me incentivou a buscar conhecimento, a publicar artigos e a dar o meu melhor. Sua paixão pelo ensino e pela pesquisa me inspiraram a ser uma estudante mais comprometida e curiosa.

Ao meu coordenador e professor Anderson, sou grata pela sua disponibilidade e colaboração. Seu apoio foi crucial em diversos momentos, e suas orientações foram valiosas para a realização deste trabalho.

A professora Sandra e o professor Renato Medeiros também têm um lugar especial em meu coração. Os projetos que vocês coordenaram, como o PIBID e a Residência Pedagógica, influenciaram significativamente minha formação, e sou grata por cada oportunidade que tive de aprender e crescer ao lado de vocês.

Por fim, agradeço à universidade que me acolheu e me deu todo o suporte necessário. Cada professor, cada funcionário e cada experiência vivida aqui contribuíram imensamente para minha formação acadêmica e pessoal.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa jornada, meu muito obrigado. Este trabalho é uma homenagem a cada um de vocês.

“Você não pode mudar as pessoas ao seu redor, mas pode mudar as  
pessoas ao seu redor.”

Joshua Fields Milburn

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de atividades práticas para o ensino de Mecânica Clássica no Ensino Médio, com o objetivo de tornar a aprendizagem de física mais dinâmica, acessível e significativa. Partindo dos desafios enfrentados pelo ensino tradicional, como a ênfase excessiva na teoria e a falta de infraestrutura em muitas escolas, o estudo explora metodologias ativas que integram teoria e prática, utilizando materiais acessíveis e tecnologias educacionais. As atividades propostas incluem experimentos como o carrinho de corrida com bexiga, a catapulta newtoniana, o gerador de ondas mecânicas e o Escape Room Científico, com foco na aplicação das Leis de Newton e outros conceitos fundamentais da Mecânica. Além disso, o uso de ferramentas como simulações computacionais e realidade aumentada é explorado para potencializar o aprendizado em contextos escolares diversos. Os resultados apontam que as práticas experimentais promovem uma maior compreensão de conceitos abstratos, engajam os estudantes e desenvolvem habilidades críticas e colaborativas. Conclui-se que a adoção de práticas pedagógicas que conciliam teoria e experimentação contribui para um ensino mais inclusivo e conectado às realidades dos alunos, ampliando o acesso à educação científica de qualidade.

***Palavra-Chave:*** Física Experimental, Metodologias ativas, Ensino Médio.

## ABSTRACT

This work presents a proposal for practical activities for teaching Classical Mechanics in High School, with the aim of making Physics learning more dynamic, accessible and meaningful. Starting from the challenges faced by traditional teaching, such as the excessive emphasis on theory and the lack of infrastructure in many schools, the study explores active methodologies that integrate theory and practice, using low-cost materials and educational technologies. The proposed activities include experiments such as the balloon racing car, the Newtonian catapult, the mechanical wave generator and the Scientific Escape Room, focusing on the application of Newton's Laws and other fundamental concepts of Mechanics. Furthermore, the use of tools such as computer simulations and augmented reality is explored to enhance learning in different school contexts. The results indicate that experimental practices promote a greater understanding of abstract concepts, engage students and develop critical and collaborative skills. It is concluded that the adoption of pedagogical practices that combine theory and experimentation contributes to more inclusive teaching and connected to students' realities, expanding access to quality scientific education.

**Keyword:** *Experimental Physics, Active methodologies, High School.*

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Catapulta Newtoniana.....	29
<b>Figura 2</b> – Gerador de ondas.....	30
<b>Figura 3</b> – Escape room científico.....	31
<b>Figura 4</b> – Experimento do carrinho realizado.....	33
<b>Figura 5</b> – Experimento do Carrinho utilizado tubo de caneta.....	33
<b>Figura 6</b> – Experimento Gerador de Ondas Mecânicas Realizados.....	34
<b>Figura 7</b> – Energia transferida.....	35
<b>Figura 8</b> – Tutorial Escape Room .....	35
<b>Figura 9</b> – Ambiente Inicial Escape Room .....	36
<b>Figura 10</b> – Primeira Conquista Escape Room .....	36
<b>Figura 11</b> – Segunda Conquista Escape Room .....	37
<b>Figura 12</b> – Terceira Conquista Escape Room .....	37
<b>Figura 13</b> – Quarta Conquista Escape Room .....	38
<b>Figura 14</b> – Materiais Carrinho .....	45
<b>Figura 15</b> – Materiais Gerador de Ondas Mecânicas .....	50
<b>Figura 16</b> – Materiais Escape Room (Fuga Científica) .....	52

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Avaliação pessoal conteúdo (Experimento do Carrinho) .....	38
<b>Gráfico 2</b> – Avaliação pessoal conteúdo (Gerador de Ondas Mecânicas) .....	39

## **LISTA DE ABREVIATURA**

PBL = Aprendizagem Baseada em Problemas

RA = Realidade Aumentada

RV = Realidade Virtual

TCC = Trabalho de Conclusão de Curso

PIBID = Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência

SBF = Sociedade Brasileira de Física

ABEC = Associação Brasileira de Editores Científicos

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>17</b>
2.1 Objetivos geral .....	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>18</b>
3.1 O ensino de física no brasil: cenário atualErro! Indicador não definido.....	19
3.2 Práticas experimentais no ensino de física .....	Erro! Indicador não definido.
3.3 Metodologias inovadoras e ativas para o ensino de física..	Erro! Indicador não definido.
3.4 Relevância das práticas experimentais.....	Erro! Indicador não definido.
3.5 Atividades práticas como ferramentas pedagógicas.....	23
3.6 Abordagens metodológicas.....	25
3.7 A formação de professores de física e seus desafios.....	26
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
4.1 Atividades propostas.....	28
4.1.1 Carrinho de corrida com bexiga.....	28
4.1.2 Catapulta newtoniana.....	28
4.1.3 Gerador de ondas mecânicas.....	29
4.1.4 Escape room científico.....	30
4.2 Materiais e métodos.....	31
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>312</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXOS B.....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXOS C.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS D.....</b>	<b>52</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o ensino de física no Brasil tem enfrentado desafios substanciais que afetam diretamente a qualidade da aprendizagem. Segundo Costa e Barros (2019), as dificuldades estruturais, como a falta de infraestrutura nas escolas e a formação insuficiente dos docentes, continuam sendo problemas recorrentes. Essas barreiras limitam a capacidade dos professores de oferecer uma educação científica eficaz, o que resulta em um baixo desempenho dos alunos, especialmente nas regiões mais remotas do país. Além disso, o ensino de física muitas vezes é abordado de maneira excessivamente teórica, o que distancia os estudantes da realidade prática da disciplina, contribuindo para uma desconexão entre o conteúdo e a aplicação.

Nesse contexto, a formação de professores tem se tornado uma preocupação central. Nardi et al. (2017) destacam que, apesar do aumento de pesquisas voltadas à formação docente, há uma lacuna significativa entre o conhecimento gerado nas universidades e o que de fato chega às salas de aula. Os desafios para a implementação de novas metodologias são grandes, principalmente devido à resistência cultural e à falta de recursos. Como resultado, a física continua sendo ensinada de forma tradicional, sem explorar todo o seu potencial para estimular o raciocínio crítico e a curiosidade científica.

Ainda nesse sentido, Barcellos (2013) aponta que as pesquisas em ensino de física realizadas nas últimas décadas têm se concentrado em temas pedagógicos e didáticos, com ênfase crescente na integração entre teoria e prática. No entanto, a aplicação desses estudos em sala de aula permanece limitada, muitas vezes devido à ausência de infraestrutura adequada e de apoio institucional. A falta de laboratórios bem equipados é um exemplo clássico desse problema, que acaba restringindo as oportunidades de experimentação e interação prática com os conceitos físicos.

A necessidade de uma abordagem mais contextualizada no ensino de física é amplamente defendida por Moreira (2017), que argumenta que o ensino da disciplina deve estar diretamente ligado ao cotidiano dos alunos. Ele afirma que a física não deve ser vista apenas como um conjunto de fórmulas e conceitos abstratos, mas como uma ciência que pode ser aplicada em situações do dia a dia, como o uso racional de energia e a sustentabilidade ambiental. Essa perspectiva traz à tona o papel da física na formação de cidadãos mais críticos e conscientes do mundo ao seu redor.

O descompasso entre o que é pesquisado e o que é praticado nas escolas é, em grande parte, fruto de uma comunicação ineficaz entre os pesquisadores e os professores da educação básica. Megid Neto e Fracalanza (2014) discutem que, para superar essa barreira, é necessário criar mecanismos que facilitem a transferência de conhecimento da academia para a sala de aula. Programas de formação continuada e parcerias entre universidades e escolas podem ser estratégias eficazes para melhorar essa comunicação, possibilitando que os professores tenham acesso às inovações pedagógicas e as apliquem de forma efetiva.

Além dos desafios estruturais e pedagógicos, a inclusão é uma questão central no ensino de física. Ribeiro et al. (2017) ressaltam que, para tornar o ensino de Ciências mais acessível, é fundamental adotar metodologias que considerem a diversidade cultural, social e econômica dos alunos. A criação de práticas inclusivas é crucial para garantir que todos os estudantes, independentemente de suas condições, possam participar e se beneficiar de um ensino de qualidade. Isso inclui não apenas a adaptação de conteúdos e materiais, mas também a criação de ambientes de aprendizagem que respeitem as diferentes realidades dos alunos.

Nesse cenário, a inclusão de atividades práticas no ensino de física tem se mostrado uma estratégia promissora para aumentar o engajamento dos alunos e facilitar a compreensão dos conceitos teóricos. Ao permitir que os estudantes observem e experimentem os fenômenos físicos, as práticas experimentais tornam a disciplina mais tangível e relevante para suas vidas. Mortimer (2014) sugere que, ao serem ativamente envolvidos no processo de aprendizagem, os alunos desenvolvem habilidades de investigação e raciocínio crítico que são essenciais para a formação científica.

Estudos de Sasseron e Carvalho (2008) indicam que alunos que participam de atividades práticas apresentam melhor desempenho em avaliações e maior retenção dos conteúdos. Essa abordagem, que envolve a experimentação direta de conceitos como forças, energia e movimento, permite que os alunos visualizem as leis da física em ação, o que facilita a compreensão de tópicos abstratos. Ao relacionar o conteúdo teórico com a prática, o ensino se torna mais significativo e motivador para os estudantes.

Contudo, a implementação de atividades práticas em escolas brasileiras enfrenta obstáculos consideráveis, especialmente devido à falta de infraestrutura. Muitas escolas, sobretudo públicas, não possuem laboratórios equipados ou materiais adequados para a realização de experimentos frequentes (Moreira, 2007). Essa realidade coloca em evidência a importância de desenvolver atividades experimentais que utilizem materiais acessíveis e sejam acessíveis para todos os contextos escolares. Ao adotar uma abordagem criativa, é possível

garantir que, mesmo com recursos limitados, os alunos possam experimentar a física de forma prática.

Diante desse cenário, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um conjunto de atividades práticas focadas na mecânica clássica. Essas atividades foram desenhadas para serem flexíveis, podendo ser aplicadas tanto em escolas com laboratórios bem equipados quanto em instituições com infraestrutura limitada. Ao utilizar materiais simples e acessíveis, espera-se que os professores possam adaptar as práticas ao contexto de suas escolas, permitindo que os alunos explorem conceitos como as leis de Newton, força e energia de maneira prática e envolvente.

A proposta de integrar atividades práticas ao ensino da mecânica clássica visa transformar o processo de aprendizagem em uma experiência mais dinâmica e interativa. Quando os alunos têm a oportunidade de visualizar os conceitos teóricos por meio de experimentos, o aprendizado se torna mais concreto e duradouro. Além disso, ao promover uma abordagem investigativa, as atividades práticas incentivam os alunos a desenvolverem um pensamento científico mais profundo, baseado em hipóteses, observações e análises críticas.

Para superar as barreiras do ensino exclusivamente teórico, a combinação de teoria e prática surge como uma solução eficaz. Ao vivenciar os fenômenos estudados, os alunos não apenas compreendem melhor os conteúdos, como também desenvolvem habilidades que vão além da sala de aula, como a capacidade de resolver problemas, pensar de forma lógica e trabalhar em equipe. Isso torna o ensino de física mais relevante e conectado às demandas do mundo contemporâneo.

Assim, a implementação dessas atividades práticas representa uma oportunidade de renovar o ensino de física no Brasil, tornando-o mais inclusivo, acessível e estimulante para os alunos. A integração entre teoria e prática, aliada ao uso de materiais acessíveis, tem o potencial de democratizar o acesso a uma educação científica de qualidade, capacitando os estudantes a se tornarem indivíduos críticos e participativos na sociedade.

Em síntese, superar os desafios do ensino de física no Brasil requer um esforço conjunto entre pesquisadores, professores e gestores educacionais. A adoção de práticas pedagógicas que integrem teoria e prática, com o uso de experimentos acessíveis, pode transformar a forma como os alunos se relacionam com a física, tornando o aprendizado mais significativo e duradouro. Espera-se que as atividades propostas neste trabalho contribuam para esse objetivo, promovendo uma educação científica mais eficaz e inclusiva.

Ao longo deste trabalho, serão apresentados os seguintes capítulos: no Capítulo 2, são descritos o objetivo geral e os objetivos específicos que norteiam esta pesquisa, abordando a relevância e a aplicabilidade das propostas desenvolvidas. No Capítulo 3, realiza-se uma revisão bibliográfica que contextualiza o cenário atual do ensino de física no Brasil, destacando os desafios e as potencialidades das metodologias ativas e experimentais. O Capítulo 4 detalha os experimentos e atividades práticas desenvolvidos, incluindo suas abordagens metodológicas e materiais necessários. No Capítulo 5, são apresentados os resultados com análises sobre o impacto dessas atividades na compreensão dos conceitos de Mecânica Clássica. Por fim, no Capítulo 6, são discutidas as contribuições do trabalho para o ensino de física, com reflexões sobre os avanços obtidos e sugestões para estudos futuros.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo geral**

O presente trabalho tem como objetivo principal desenvolver e implementar atividades práticas e experimentais voltadas para o ensino de mecânica clássica, com a finalidade de aprimorar a compreensão dos estudantes do ensino médio sobre conceitos fundamentais da física. Busca-se com isso tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico e acessível, superando as limitações inerentes ao ensino predominantemente teórico. A proposta visa abordar temas essenciais, como o movimento, as leis de Newton, forças, energia, trabalho e conservação do momento, mediante práticas adaptáveis a diferentes contextos educacionais, sejam eles equipados com infraestrutura avançada ou com recursos limitados.

Além de facilitar a compreensão dos conteúdos, estas atividades são projetadas para utilização de materiais acessíveis, ampliando sua aplicabilidade em qualquer contexto escolar. O objetivo é não apenas transmitir conhecimentos teóricos, mas envolver os alunos em uma abordagem prática e participativa, promovendo o desenvolvimento de habilidades investigativas e científicas essenciais para sua formação integral.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Desenvolver atividades experimentais com materiais de fácil acesso, adaptáveis a diferentes realidades escolares, para facilitar o ensino da mecânica clássica em ambientes com infraestrutura limitada.
- Identificar e mapear as principais dificuldades dos alunos na compreensão de conceitos abstratos da mecânica clássica, como movimento, forças e energia, para direcionar intervenções pedagógicas mais eficazes.
- Analisar o impacto das atividades práticas no processo de ensino-aprendizagem, avaliando sua contribuição na retenção, compreensão e aplicação dos conceitos pelos estudantes.
- Descrever as metodologias pedagógicas empregadas para integrar teoria e prática, visando tornar a transição mais fluida, interativa e significativa para os estudantes.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O ensino de física no Brasil tem passado por transformações significativas ao longo das últimas décadas, motivadas tanto por políticas educacionais quanto por mudanças sociais e tecnológicas que impactam a educação como um todo. Historicamente, a disciplina enfrentou desafios relacionados à escassez de recursos, métodos de ensino tradicionais e a limitada formação de professores especializados. No entanto, com o avanço das novas tecnologias e o desenvolvimento de abordagens pedagógicas inovadoras, como o ensino por investigação e a integração de ferramentas digitais, a física tem ganhado um novo espaço de relevância no currículo escolar.

Esta revisão se inicia com uma análise do cenário atual do ensino de física, seguido de um estudo sobre a relevância das práticas experimentais, a incorporação de metodologias inovadoras e a formação de professores, abordagens fundamentais para uma educação científica mais eficaz e integrada às demandas contemporâneas.

#### **3.1 O ensino de física no brasil: cenário atual**

O ensino de física no Brasil tem sido tradicionalmente dominado por métodos expositivos e teóricos, que priorizam a memorização de conceitos e fórmulas, em detrimento da compreensão aprofundada. Segundo Costa e Barros (2019), essa abordagem desmotiva os alunos, gerando uma percepção negativa sobre a disciplina e contribuindo para elevados índices de reprovação. Além disso, a desconexão entre os conteúdos escolares de física e o cotidiano dos estudantes é um dos principais fatores que comprometem a motivação para o aprendizado.

Um dos maiores entraves para o ensino de física é a falta de infraestrutura nas escolas, especialmente nas públicas. A ausência de laboratórios e materiais didáticos impede a realização de atividades experimentais, essenciais para ilustrar conceitos teóricos de forma prática. Conforme Pedrisa (2001), muitos estudantes nunca têm a oportunidade de observar fenômenos físicos em contextos reais, resultando em uma formação científica superficial e baseada exclusivamente em abstrações teóricas. Esse cenário ressalta a necessidade urgente de investimentos em recursos e espaços adequados para promover um aprendizado mais dinâmico e eficaz.

Essa escassez de recursos vai além de equipamentos e laboratórios. Muitas escolas carecem de materiais básicos, como computadores e acesso à internet, inviabilizando o uso de tecnologias educacionais que poderiam enriquecer as aulas de física. Diogo e Gobara (2007) apontam que a dependência exclusiva de livros didáticos e a utilização limitada de recursos audiovisuais contribuem para manter o ensino da disciplina descontextualizado e pouco atraente.

Outro fator agravante é a ausência de programas de formação continuada para os professores, que muitas vezes não têm acesso a cursos de atualização capazes de capacitá-los para adotar práticas pedagógicas inovadoras. Segundo Nardi et al. (2017), a formação inicial dos professores de física é frequentemente insuficiente para prepará-los para os desafios das salas de aula, sobretudo em escolas públicas. Essa lacuna na formação docente dificulta a implementação de estratégias mais interativas e dinâmicas no ensino.

A desvalorização da carreira docente também exerce impacto direto na qualidade do ensino de física. Condições inadequadas de trabalho, como salários baixos e a falta de incentivos para o desenvolvimento profissional, desmotivam os professores. De acordo com Rodrigues e Mendes Sobrinho (2004), essa realidade contribui para o desinteresse geral pela disciplina, refletindo-se tanto nos docentes quanto nos estudantes.

Diante desse cenário, torna-se imprescindível uma revisão profunda das políticas educacionais, com foco em investimentos em infraestrutura, valorização dos professores e adoção de metodologias inovadoras. Transformar o ensino de física é essencial para que a disciplina deixe de ser vista como um desafio abstrato e passe a ser reconhecida como uma ciência acessível e relevante, capaz de fomentar o pensamento crítico e o engajamento dos estudantes.

### **3.2 Práticas experimentais no ensino de física**

As práticas experimentais no ensino de mecânica clássica desempenham um papel central na formação científica dos estudantes, permitindo que eles observem e explorem fenômenos físicos de forma prática. De acordo com Nascimento e Uibson (2021), essas atividades envolvem ativamente os alunos no processo de aprendizagem, facilitando a compreensão de conceitos abstratos, como movimento e energia. Ao conectar o conhecimento teórico ao mundo físico, as práticas experimentais tornam o ensino mais atrativo, reduzindo a dependência de métodos puramente expositivos.

Apesar de sua importância, a implementação de práticas experimentais enfrenta desafios significativos nas escolas brasileiras, sobretudo nas públicas. A falta de laboratórios equipados e a escassez de materiais básicos dificultam a realização de experimentos, comprometendo a qualidade do ensino. Conforme Costa e Barros (2019), essa carência de infraestrutura prejudica o aprendizado, limitando a oportunidade de os alunos vivenciarem a física de maneira prática e significativa.

Diante dessas limitações, algumas escolas e professores têm buscado alternativas criativas para incorporar a experimentação ao ensino, mesmo em cenários de baixa infraestrutura. Uma solução eficaz é o desenvolvimento de experimentos utilizando materiais acessíveis, facilmente encontrados no ambiente escolar ou adquiridos com recursos limitados. Essa abordagem permite que os alunos realizem atividades práticas, mesmo na ausência de laboratórios, representando um avanço significativo para a educação científica.

A literatura respalda a eficácia dessas iniciativas. Experimentos simples com materiais acessíveis têm demonstrado grande potencial para engajar os alunos, melhorar o aprendizado e incentivar a criatividade e a resolução de problemas (Silva, 2008). Ao usar materiais do cotidiano, os professores conseguem aproximar os conteúdos de física da realidade dos estudantes, aumentando o interesse e a motivação pela disciplina.

Além dos experimentos de materiais acessíveis, o uso de simulações computacionais tem ganhado destaque como uma ferramenta complementar as práticas experimentais. Segundo Bacich e Moran (2018), simulações virtuais possibilitam a reprodução de fenômenos complexos de maneira visual e interativa, sendo especialmente úteis em escolas sem laboratórios físicos. Essas ferramentas permitem que os alunos manipulem variáveis, observem os resultados em tempo real para compreenderem melhor os conceitos, dentro é claro dos próprios limites dos experimentos, como a própria precisão ou outros demais fatores.

Portanto, embora a falta de infraestrutura permaneça um desafio significativo, o uso de materiais acessíveis e tecnologias digitais mostra-se uma alternativa viável para integrar práticas experimentais ao ensino de física. Essa abordagem torna o aprendizado mais dinâmico, conectando os conceitos teóricos à realidade dos estudantes e promovendo uma compreensão mais sólida e crítica dos fenômenos físicos.

### **3.3 Metodologias inovadoras e ativas para o ensino de física**

As metodologias inovadoras e ativas têm se destacado como alternativas promissoras para tornar o ensino de física mais dinâmico e interativo, colocando o aluno como protagonista do processo de aprendizagem. Essas estratégias oferecem experiências práticas e participativas, rompendo com o modelo tradicional centrado no professor como única fonte de conhecimento. Bacich e Moran (2018) destacam que métodos como a sala de aula invertida, a aprendizagem baseada em projetos e o uso de simulações virtuais atendem às necessidades de estudantes conectados com a tecnologia e interessados em experiências práticas.

As simulações virtuais também oferecem oportunidades valiosas para experimentar e visualizar fenômenos que seriam difíceis de reproduzir em um ambiente escolar tradicional. Bacich e Moran (2018) apontam que essas ferramentas permitem manipular variáveis e observar resultados de forma segura e imediata, facilitando a compreensão de conceitos complexos, como trajetórias de corpos em movimento ou o comportamento das ondas. Para escolas com recursos limitados, as simulações ampliam as possibilidades de experimentação, compensando a ausência de laboratórios físicos.

Essas metodologias exigem que o professor adote o papel de facilitador, orientando e mediando o aprendizado em vez de simplesmente transmitir informações. Esse novo papel encoraja os alunos a assumirem a responsabilidade por seu próprio aprendizado, desenvolvendo habilidades de autogestão e colaboração (Silva, 2008). O professor, nesse contexto, atua como guia, ajudando os estudantes a conectar os conceitos teóricos com a prática, o que é essencial para desenvolver uma visão crítica e aplicada da física.

Portanto, metodologias ativas oferecem uma oportunidade para transformar o ensino de física, alinhando-o com as expectativas e necessidades dos estudantes. Ao adotar essas abordagens, o aprendizado torna-se mais centrado no aluno, criando experiências envolventes e significativas. Contudo, a implementação dessas metodologias exige uma formação docente robusta e infraestrutura adequada, fatores que são cruciais para o sucesso dessas práticas.

### **3.4 Relevância das práticas experimentais**

A mecânica clássica é um dos pilares fundamentais da física, responsável pelo estudo do movimento dos corpos e das forças que agem sobre eles, regida pelas três Leis de Newton. Seus princípios abrangem desde fenômenos simples, como a movimentação de objetos

cotidianos, até aplicações mais complexas, como o funcionamento de máquinas e a estabilidade estrutural em engenharia. Conforme Halliday, Resnick e Walker (2023), essa área da física é essencial em diversas engenharias e tecnologias, sendo uma base indispensável nos currículos de ciências exatas. Apesar disso, muitos estudantes enfrentam dificuldades para compreender seus conceitos devido à ênfase excessiva em teorias abstratas e à falta de práticas pedagógicas contextualizadas.

Para superar essas barreiras, práticas experimentais têm se mostrado eficazes no ensino da mecânica clássica, pois permitem que os alunos observem e manipulem fenômenos físicos em contextos controlados. Seabra (2023) ressalta que essas atividades tornam conceitos teóricos mais concretos, como exemplificado no uso de rampas para demonstrar a transformação de energia potencial em cinética. Essas práticas conectam a teoria ao mundo real, promovendo uma aprendizagem significativa e acessível.

Além de facilitar a compreensão, práticas experimentais também aumentam a motivação e o engajamento dos alunos. Moura e Anjos (2024) apontam que a interação prática com conceitos de forças e movimentos transforma o aprendizado, tornando-o mais dinâmico e interessante. Essa abordagem reduz dificuldades conceituais ao correlacionar os conteúdos com situações observáveis, estimulando a curiosidade e o pensamento crítico.

Práticas experimentais também promovem uma educação inclusiva e participativa. De acordo com Nogueira e Hernandez (2021), atividades baseadas em experimentos inserem o aluno como protagonista no processo de aprendizagem, permitindo que ele construa conhecimento de forma autônoma e colaborativa. Essa dinâmica transforma o papel do professor, que passa a atuar como facilitador, guiando os estudantes na descoberta e na aplicação de conceitos. Essa metodologia ativa desenvolve habilidades analíticas e reflexivas, fundamentais para enfrentar os desafios de um mundo em constante evolução tecnológica.

Outro ponto relevante é a acessibilidade proporcionada pelas práticas experimentais. Para Almeida e Chiaro (2023), essas atividades atendem diferentes estilos de aprendizagem, como os visuais e cinestésicos, possibilitando que estudantes com dificuldades em acompanhar conteúdos teóricos compreendam os conceitos por meio da experiência. Assim, essas práticas democratizam o conhecimento e promovem maior equidade no aprendizado de ciências.

A integração de experimentos ao currículo de física também representa um avanço pedagógico. Como sugerem Fontes e Rodrigues (2023), o ensino não deve limitar-se à transmissão teórica, mas incorporar vivências práticas que contextualizem os conceitos e reforcem seu significado. Essas atividades ajudam a consolidar o entendimento de tópicos

complexos, como as Leis de Newton e a conservação de energia, ao conectá-los com aplicações reais.

Por fim, práticas experimentais não apenas melhoram o desempenho acadêmico, mas também fomentam o desenvolvimento de competências cognitivas, como resolução de problemas e análise crítica. Oliveira e Beranger (2023) destacam que alunos envolvidos em atividades práticas apresentam maior retenção de conteúdo e maior capacidade de aplicar conceitos teóricos a novos desafios. Portanto, ao integrar essas metodologias ao ensino de mecânica clássica, escolas e professores conseguem tornar o aprendizado mais acessível, eficaz e motivador para os estudantes.

### **3.5 Atividades práticas como ferramentas pedagógicas**

Atividades práticas desempenham um papel importante no ensino de física, oferecendo benefícios que vão além da compreensão conceitual. Essas práticas promovem o envolvimento ativo dos estudantes, incentivando o desenvolvimento de habilidades cognitivas como pensamento crítico, resolução de problemas e generalização. Seabra (2023) afirma que, ao participar de experimentos, os alunos assumem uma postura investigativa, refletindo sobre os resultados observados e questionando os fenômenos à luz do conhecimento teórico.

Um dos principais benefícios dessas práticas é o estímulo ao pensamento crítico. Durante os experimentos, os alunos analisam dados, identificam padrões e revisitam hipóteses iniciais, conforme destaca Benfica e Prates (2020). Essa abordagem fomenta uma visão mais aprofundada da ciência, incentivando questionamentos que vão além dos resultados imediatos e alcançam as bases teóricas subjacentes.

Atividades práticas também aprimoram a capacidade de resolver problemas. Enfrentar desafios experimentais, como variações inesperadas nos resultados, exige criatividade e adaptação, habilidades aplicáveis a diversos contextos acadêmicos e profissionais (Passos e Vasconcelos, 2024). Essa dinâmica encoraja os alunos a lidar com a incerteza e a encontrar soluções inovadoras para situações complexas.

Além disso, essas atividades ampliam a capacidade dos estudantes de generalizar conceitos aprendidos em situações específicas para contextos mais amplos. Benfica e Prates (2020) afirmam que essa habilidade é essencial para o raciocínio científico, permitindo que os alunos compreendam a aplicabilidade universal das leis físicas e transfiram seu conhecimento para novas situações.

Ao concretizar conceitos abstratos, como força e aceleração, as práticas experimentais tornam esses temas mais acessíveis e compreensíveis. Seabra (2023) ressalta que a experiência sensorial proporcionada por essas atividades complementa a teoria, ajudando os alunos a visualizar e internalizar princípios fundamentais da física.

Por fim, atividades práticas aumentam a motivação e o interesse dos estudantes pela disciplina. Passos e Vasconcelos (2024) destacam que a integração de experimentos ao currículo torna o aprendizado mais interativo e conectado à realidade cotidiana dos alunos. Essa abordagem transforma as aulas em um ambiente dinâmico e estimulante, essencial para promover o engajamento e a retenção dos conteúdos.

### **3.6 Abordagens metodológicas**

Nos últimos anos, metodologias inovadoras vêm sendo desenvolvidas para tornar o ensino de mecânica clássica mais interativo e acessível. Entre essas abordagens estão jogos educativos, simulações computacionais, Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) e tecnologias imersivas, como Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA). Essas estratégias diversificam o ensino, permitindo que os alunos aprendam por meio da prática e de experiências envolventes.

Jogos educativos são eficazes para ilustrar conceitos físicos de forma lúdica e interativa, como a aplicação das Leis de Newton em cenários simulados. Conforme Nogueira e Hernandes (2021), essas atividades aumentam o engajamento dos estudantes ao tornarem o aprendizado mais atrativo e participativo.

Simulações computacionais, quando possíveis, oferecem representações visuais detalhadas muito relevantes de fenômenos físicos. Bacich e Moran (2018) destacam que essas ferramentas são especialmente úteis quando se tem o básico como o celular do professor ou do próprio aluno, permitindo que todos manipulem variáveis e compreendam conceitos abstratos em ambientes virtuais controlados.

A Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) incentiva os alunos a resolver desafios reais, aplicando conceitos teóricos a situações práticas. Moura e Anjos (2024) apontam que essa abordagem desenvolve habilidades investigativas e analíticas, conectando o aprendizado à solução de problemas concretos.

### 3.7 A formação de professores de física e seus desafios

A formação dos professores de física é um aspecto crucial para a implementação de metodologias inovadoras e eficazes no ensino da disciplina. Segundo Silva (2008), é essencial que a formação inicial e continuada desses profissionais seja baseada em práticas pedagógicas atualizadas e em uma sólida compreensão das teorias educacionais contemporâneas. No entanto, muitos cursos de licenciatura ainda priorizam conteúdos teóricos em detrimento de uma formação prática consistente, dificultando a preparação dos docentes para lidar com os desafios do ensino na sala de aula.

A ausência de uma formação prática robusta é uma das principais dificuldades enfrentadas pelos professores recém-formados. Muitos relatam sentir-se despreparados para aplicar atividades experimentais ou metodologias ativas. Conforme Nardi et al. (2017), essa lacuna na formação inicial reflete-se na insegurança dos docentes em adotar práticas pedagógicas dinâmicas e interativas, limitando sua capacidade de engajar os alunos.

Essa realidade evidencia a necessidade de encorajar os professores de buscarem especializações e estudem o caso mais a fundo após concluírem seus estudos, para permitir que os futuros professores vivenciem metodologias inovadoras e experimentais, essa pode ser uma possibilidade alternativa, dado que os cursos de graduação já estão com uma carga horária muito carregada.

Outra solução promissora para enfrentar esses desafios está na parceria entre universidades e escolas, que pode proporcionar aos professores acesso a recursos e práticas pedagógicas inovadoras. Programas de extensão e estágios supervisionados são oportunidades para que futuros docentes desenvolvam habilidades pedagógicas em ambientes escolares reais. Conforme Silva (2008), essa integração entre a academia e as escolas é essencial para formar professores mais preparados para aplicar metodologias ativas e experimentais no ensino de física.

Diante desse cenário, a formação dos professores de física no Brasil enfrenta desafios estruturais e pedagógicos que comprometem a qualidade do ensino. Superar essas barreiras exige esforços conjuntos de políticas públicas, universidades e escolas para oferecer uma formação docente mais prática, sólida e alinhada às necessidades contemporâneas. Apenas com uma formação de qualidade será possível transformar o ensino de física em uma experiência significativa, engajadora e eficaz para os alunos.

### **3.8 Mecânica clássica: fundamentos e importância no ensino de física**

A mecânica clássica é uma das áreas fundamentais da física, responsável pelo estudo do movimento dos corpos e das forças que os afetam. Regida pelas três Leis de Newton, essa disciplina constitui a base para compreender fenômenos do cotidiano e para o desenvolvimento de tecnologias nas mais diversas áreas, como engenharia, arquitetura e ciências aplicadas. Halliday, Resnick e Walker (2023) destacam que a mecânica clássica é indispensável em qualquer currículo de ciências exatas, pois fornece os alicerces para o entendimento de sistemas físicos, desde o movimento de partículas até estruturas complexas.

Apesar de sua relevância, muitos alunos enfrentam dificuldades para compreender os conceitos da mecânica clássica. A natureza abstrata de tópicos como força, energia e aceleração, combinada com a predominância de abordagens teóricas e baseadas em fórmulas, contribui para a percepção de que a disciplina é distante da realidade cotidiana. Esse desafio é exacerbado pela falta de práticas experimentais que demonstrem de forma concreta os princípios teóricos apresentados em sala de aula.

A implementação de atividades práticas no ensino da mecânica clássica tem se mostrado uma estratégia eficaz para superar essas dificuldades. Experimentos simples, como o uso de rampas para ilustrar a conversão de energia potencial em cinética, ajudam os estudantes a visualizar os conceitos em ação, tornando-os mais acessíveis e fáceis de assimilar. Segundo Seabra (2023), práticas experimentais conectam o conhecimento teórico ao mundo real, promovendo uma aprendizagem mais significativa e engajadora.

Além disso, a mecânica clássica oferece inúmeras oportunidades para explorar aplicações práticas que aproximam os alunos de situações concretas. Por exemplo, a análise de forças em pontes ou o estudo de trajetórias em esportes são formas de demonstrar como os princípios da física são relevantes para a vida cotidiana e para diversas profissões. Essa contextualização não apenas facilita a compreensão dos conceitos, mas também desperta maior interesse e motivação nos estudantes, mostrando que a física é uma ciência viva e aplicada.

Portanto, a mecânica clássica não deve ser abordada apenas como um conjunto de leis e fórmulas, mas como uma área rica em possibilidades de experimentação e conexão com a realidade. Ao integrar atividades práticas e abordagens interativas, é possível transformar o ensino dessa disciplina em uma experiência mais dinâmica e inclusiva, capacitando os alunos

a compreenderem e aplicar os conceitos fundamentais da física de maneira crítica e significativa.

## **4. METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica com o objetivo de identificar e compreender diferentes abordagens metodológicas aplicáveis ao ensino experimental da mecânica clássica. A partir dessa análise, foi elaborado um roteiro prático para a realização de atividades experimentais em sala de aula, visando facilitar a compreensão dos conceitos por meio da prática e do trabalho colaborativo. Todos os experimentos foram realizados em grupos de três a quatro alunos, promovendo a cooperação e o aprendizado conjunto, além de desenvolver habilidades de comunicação e trabalho em equipe.

Cada experimento foi planejado de acordo com uma abordagem metodológica específica, selecionada com base nas características do conceito a ser ensinado e nas possibilidades oferecidas pelo ambiente escolar. A seguir, descreveremos as metodologias aplicadas em cada atividade experimental e as abordagens pedagógicas adotadas.

### **4.1 Atividades propostas**

#### ***4.1.1 Carrinho de corrida com bexiga***

O experimento do Carrinho de Corrida com Bexiga (Anexo A) será conduzido para demonstrar a Terceira Lei de Newton (Ação e Reação) e explorar conceitos como propulsão e a transformação de energia potencial em energia cinética. A abordagem metodológica escolhida será a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL). Nesse contexto, os alunos foram desafiados a identificar a relação entre o movimento do carrinho e a força do ar liberado da bexiga, compreendendo como a reação do ar impulsiona o carrinho para frente.

Durante a atividade, os grupos montaram o carrinho utilizando materiais acessíveis e realizaram o experimento ao inflar e soltar a bexiga. Em seguida, foram incentivados a analisar como variáveis como a quantidade de ar e o atrito influenciam a distância percorrida pelo carrinho. O PBL permitiu o desenvolvimento de habilidades de análise e investigação, ao envolver os alunos na formulação de hipóteses, na manipulação de variáveis e na discussão dos resultados para alcançar conclusões embasadas na experiência prática.

#### ***4.1.2 Catapulta newtoniana***

O experimento da Catapulta Newtoniana (Anexo B) foi realizado para explorar as três Leis de Newton de forma prática, demonstrando como a força aplicada afeta o movimento e a relação entre inércia, força e reação. A abordagem metodológica escolhida foi a utilização de jogos educativos, transformando a atividade em uma experiência lúdica e interativa para os alunos.

Os grupos construíram catapultas simples utilizando palitos de sorvete e elásticos, com o objetivo de lançar pequenos objetos e observar os efeitos de variáveis como força, massa e ângulo de lançamento na trajetória e distância dos projéteis. Ao tratar a catapulta como um jogo, os alunos tiveram a oportunidade de experimentar e visualizar diretamente os conceitos físicos em ação, o que estimulou sua curiosidade e engajamento. Essa abordagem contribuiu para uma compreensão prática e divertida das leis de Newton.

Figura 1: Catapulta Newtoniana



Fonte: autor.

#### ***4.1.3 Gerador de ondas mecânicas***

O Gerador de Ondas Mecânicas (Anexo C) foi utilizado para ilustrar propriedades das ondas, como frequência, amplitude e comprimento de onda. A abordagem metodológica escolhida foi o uso de simulações computacionais, que proporcionaram aos alunos uma experiência interativa e detalhada, facilitando a compreensão de fenômenos que seriam difíceis de reproduzir em um ambiente escolar comum.

Inicialmente, os grupos construíram um modelo físico de ondas usando palitos e jujubas, para observar como a energia se propaga sem deslocar a matéria. Posteriormente, os alunos complementaram a atividade com simulações computacionais, manipulando variáveis como frequência e amplitude em diferentes tipos de ondas. Essa combinação de modelo físico e simulações digitais permitiu uma compreensão mais profunda e concreta dos conceitos abordados.

Figura 2: Gerador de ondas



Fonte: autor.

#### ***4.1.4 Escape room científico***

O Escape Room Científico (Anexo D) será projetado como uma atividade interativa e dinâmica que integrará diversos conceitos da mecânica clássica em um formato de resolução de problemas. Para essa atividade, será adotada a metodologia de Realidade Aumentada (RA), que permitirá aos alunos interagir com desafios digitais por meio de dispositivos móveis.

Divididos em grupos, os alunos terão que resolver enigmas que exigirão a aplicação de princípios físicos, como interpretação de gráficos de velocidade, cálculo de trajetórias e análise de colisões. A RA tornará a experiência mais imersiva, permitindo que os estudantes visualizem de forma detalhada os efeitos das forças e dos movimentos. Essa abordagem reforçará a aplicabilidade da física em situações práticas, ao mesmo tempo em que estimulará o pensamento crítico, a colaboração e o engajamento dos alunos.

Figura 3: Escape room científico



Fonte: Autor.

## 4.2 Materiais e métodos

Para a realização das atividades práticas, foram elaborados roteiros específicos com o objetivo de orientar a montagem e execução dos experimentos de mecânica clássica. Esses roteiros foram fundamentados em uma análise prévia das melhores práticas metodológicas aplicáveis ao ensino experimental, garantindo uma estrutura prática, coerente e adaptável a diferentes realidades escolares. O uso de materiais simples e acessíveis foi planejado para permitir a fácil replicação dos experimentos, ampliando seu alcance em contextos diversos.

Os experimentos foram realizados em grupos de três a quatro alunos, promovendo o trabalho colaborativo e o desenvolvimento de habilidades sociais, como comunicação, cooperação e resolução de problemas. Cada atividade foi planejada para incorporar uma metodologia específica, como a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) e jogos educativos, garantindo uma aplicação interativa e dinâmica dos conceitos. A interação entre os alunos durante as atividades estimulou a troca de ideias e questionamentos, enriquecendo o processo de aprendizado por meio da colaboração e da reflexão coletiva.

Além de promover o fortalecimento do entendimento dos conceitos de física, a escolha por materiais acessíveis e metodologias diversificadas buscou tornar o ensino de mecânica clássica mais inclusivo. A simplicidade na montagem dos experimentos permitiu que práticas experimentais fossem integradas até mesmo em uma escola com infraestrutura limitada. O uso de metodologias inovadoras, como a realidade aumentada no Escape Room Científico,

proporcionará uma experiência imersiva, demonstrando como abordagens diversificadas podem enriquecer o ensino de física.

Assim, a combinação de práticas acessíveis e metodologias ativas contribuiu para uma aprendizagem mais significativa, conectando os estudantes aos conceitos de forma prática e colaborativa, enquanto promoveu a inclusão e a inovação no ensino de mecânica clássica.

## **5. RESULTADOS**

Os experimentos realizados mostraram resultados consistentes no engajamento dos alunos e na promoção de uma compreensão prática dos conceitos de mecânica clássica. As atividades foram avaliadas com base em questionários aplicados aos participantes.

### **Experimento: Carrinho de Corrida com Bexiga**

Este experimento demonstrou com eficácia a Terceira Lei de Newton (ação e reação) e explorou conceitos como propulsão e a transformação de energia potencial em cinética, conforme ilustrado nas Figuras 4 e 5. Os alunos compreenderam claramente que o movimento do carrinho resulta da força exercida pelo ar expelido da bexiga, em oposição à direção do deslocamento.

Variáveis como a quantidade de ar na bexiga, o atrito entre as rodas e a superfície, e a massa do carrinho foram analisadas pelos estudantes. Eles concluíram que volumes maiores de ar geram maior pressão e força propulsora, enquanto superfícies lisas e carrinhos mais leves favorecem distâncias maiores percorridas. O atrito foi entendido como uma força oposta ao movimento, que dissipa energia e reduz a eficiência do experimento.

Apesar do sucesso da atividade, alguns desafios técnicos foram identificados. O canudo inicialmente utilizado deformava-se com facilidade, prejudicando o fluxo de ar. Essa limitação foi superada com a substituição por um tubo de caneta, proporcionando maior rigidez e eficiência. Essa adaptação transformou-se em uma oportunidade de aprendizado prático, estimulando os alunos a refletirem sobre a influência de fatores estruturais em experimentos científicos.

Figura 4: Experimento do Carrinho realizado



Fonte: Autor.

Figura 5: Experimento do Carrinho utilizado tubo de caneta



Fonte: Autor.

### **Experimento: Gerador de Ondas Mecânicas**

O experimento permitiu aos alunos visualizar a propagação de energia em ondas mecânicas e compreender parâmetros como amplitude, frequência e comprimento de onda. A atividade combinou um modelo físico, construído com palitos e jujubas, com simulações computacionais, promovendo uma compreensão mais aprofundada dos conceitos, como ilustrado na Figura 6.

Os alunos observaram que a energia se propaga por meio de vibrações, enquanto as partículas (representadas pelas jujubas) permanecem nos seus pontos de equilíbrio, oscilando sem se deslocar significativamente. Essa característica essencial das ondas foi assimilada pela

maioria dos participantes, que relacionaram corretamente as observações práticas às teorias discutidas.

Figura 6: Experimento Gerador de Ondas Mecânicas Realizados



Fonte: Autor.

As respostas também indicaram que a distância entre os palitos no modelo físico influencia diretamente o comprimento de onda e a frequência, pois pela teoria temos que velocidade de uma onda é igual ao comprimento da mesma multiplicada pela frequência, conclusão da fórmula, o comprimento de uma onda é inversamente proporcional a sua frequência.

Logo, palitos mais próximos, ou seja,  $\lambda$  menor representam uma transferência de energia mais rápida resultando em ondas mais curtas e frequentes, enquanto palitos mais afastados produziram ondas mais longas e com menor frequência, reforçando o entendimento sobre a relação entre o meio e a propagação de energia, como ilustrado na Figura 6.

Figura 7: Energia transferida

**Como a energia é transferida ao longo dos palitos?**

74 respostas

A energia é transferida ao longo dos palitos em um movimento de oscilação, onde cada palito transfere a energia para o próximo, criando um padrão de propagação de onda.

Através das ondas

Com a ação do vento

A energia é transferida ao longo dos palitos (ou outros materiais semelhantes) por meio de ondas mecânicas. Quando um ponto de um palito é movimentado (como por exemplo, quando você bate em uma extremidade do palito), a energia do movimento é transmitida para as partículas do palito próximas, que, por sua vez, transmitem essa energia para as partículas adjacentes, criando uma onda que se propaga ao longo do palito.

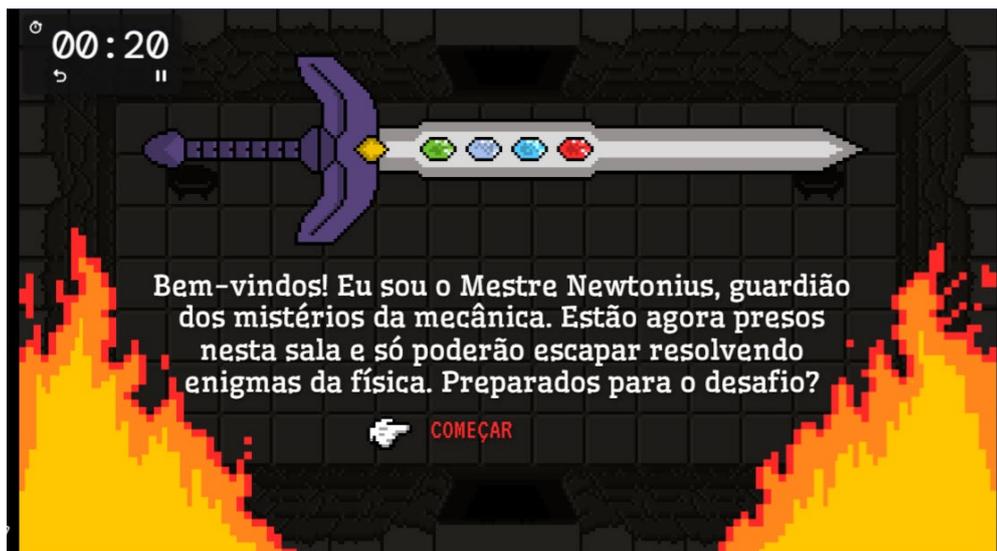
A força passa por os palitos com vibrações. Quando um palito se move ou treme, ele dá essa força para o palito ao lado, que começa a tremer também. Esse jeito segue, passando a força de um palito para o outro em uma linha de movimento, até que a força se acabe ou chegue ao fim da série

Fonte: Autor.

## Escape Room Científico

O Escape Room Científico integrou diversos conceitos da mecânica clássica, como as Leis de Newton, análise de gráficos de velocidade e cálculos de trajetórias, em uma dinâmica interativa e colaborativa. A maioria dos alunos classificou a atividade como "muito interativa" e destacou sua eficácia em conectar teoria e prática.

Figura 8: Tutorial Escape Room



Fonte: autor.

Em síntese o experimento em questão foi aplicado com os alunos utilizando seus próprios celulares para acessar uma aplicação web (jogo digital) programada com vários

cenários de quiz científico para testá-los, alunos que não possuem celulares em uma atividade como essa podem simplesmente fazerem a atividade com outros colegas.

Figura 9: Ambiente Inicial Escape Room



Fonte: Autor.

Os desafios propostos incentivaram os estudantes a trabalharem em equipe, aplicando conhecimentos de forma lúdica para resolver problemas. A utilização de Realidade Aumentada (RA) enriqueceu a experiência, permitindo uma visualização detalhada dos conceitos. No entanto, alguns participantes relataram dificuldades em relacionar certos conteúdos teóricos às aplicações práticas, sugerindo a necessidade de explicações mais detalhadas antes da atividade.

Figura 10: Primeira Conquista Escape Room



Fonte: Autor.

Figura 11: Segunda Conquista Escape Room



Fonte: Autor.

Figura 12: Terceira Conquista Escape Room



Fonte: Autor.

Figura 13: Quarta Conquista Escape Room



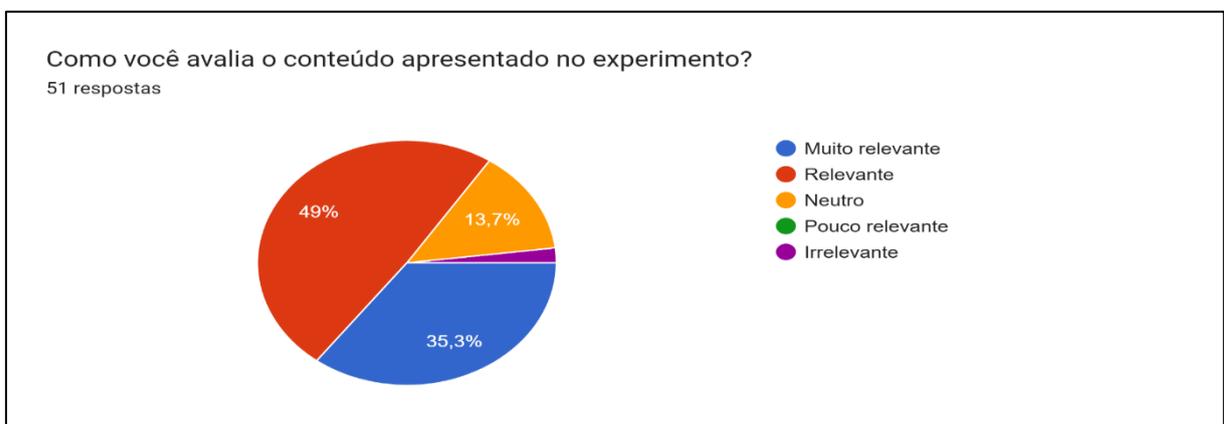
Fonte: Autor.

### Análise Geral dos Resultados

No Gráfico 1 e 2 é possível mensurar alguns feedbacks dos alunos, relatando onde mais acertamos e mais erramos nessas propostas de experimentos, que no geral são bem positivas.

Por outro lado, foram identificados desafios relacionados à infraestrutura e à adaptação de materiais. Embora soluções criativas tenham sido implementadas, como o uso de materiais simples e de materiais acessíveis, ajustes na preparação prévia dos experimentos podem melhorar ainda mais a experiência dos alunos.

Gráfico 1: Avaliação pessoal conteúdo (Experimento do Carrinho)



Fonte: Autor.

Gráfico 2: Avaliação pessoal conteúdo (Gerador de Ondas Mecânicas)



Fonte: Autor.

### Contribuições

Os resultados obtidos confirmam a importância das práticas experimentais para tornar o ensino de mecânica clássica mais acessível e significativo. Ao vivenciar os conceitos em situações práticas, os alunos desenvolveram habilidades investigativas, pensamento crítico e maior interesse pela disciplina. A adaptação de materiais e o uso de tecnologias, como a Realidade Aumentada, destacaram-se como estratégias eficazes para superar limitações de infraestrutura e engajar os estudantes.

No entanto, o estudo ressalta a importância de ajustes contínuos na implementação das atividades, com foco na preparação de materiais e na mediação dos conteúdos teóricos. Essa abordagem permitirá que as práticas experimentais atendam ainda melhor às necessidades pedagógicas e ampliem seu impacto no aprendizado.

## 6. CONCLUSÃO

Este trabalho evidenciou a relevância das metodologias ativas tais como jogos educativos, (PBL), tecnologias imersivas, e das práticas experimentais para o ensino de física, especialmente na abordagem de conceitos fundamentais da mecânica clássica.

A integração entre teoria e prática demonstrou ser uma estratégia eficaz para superar as dificuldades comuns no aprendizado de conceitos abstratos, oferecendo aos alunos uma experiência mais dinâmica, acessível e conectada às suas realidades.

Os experimentos desenvolvidos, como o carrinho de corrida com bexiga e o gerador de ondas mecânicas, foram planejados com materiais de materiais acessíveis e adaptados para diferentes contextos escolares. Esses elementos permitiram que as atividades fossem

implementadas mesmo em uma escola com infraestrutura limitada, democratizando o acesso a uma educação científica de qualidade. Além disso, a utilização de tecnologias digitais, como jogos digitais e tecnologias imersivas, proporcionaram aos estudantes uma abordagem interativa e investigativa, enriquecendo a compreensão dos fenômenos físicos.

Os resultados apontaram para o aumento do engajamento e da motivação dos estudantes, além do desenvolvimento de habilidades críticas, colaborativas e investigativas. A inclusão de atividades como o Escape Room Científico reforçou a conexão dos conteúdos teóricos ao prático, transformando o aprendizado em um processo significativo e participativo.

No entanto, alguns desafios ainda precisam ser enfrentados. A carência de infraestrutura e a necessidade de formação continuada para professores foram identificadas como barreiras recorrentes. Superar esses obstáculos exige investimentos em políticas públicas voltadas à educação, além de incentivos à capacitação docente para a implementação de metodologias ativas e práticas experimentais.

Conclui-se que as atividades propostas neste trabalho podem oferecer contribuições significativas para a melhoria do ensino de física, servindo como um modelo inicial viável e adaptável para diferentes contextos educacionais. A continuidade dessa abordagem, aliada a estudos futuros sobre sua eficácia em outros tópicos e disciplinas, pode consolidar melhor o papel das práticas experimentais como ferramentas indispensáveis para uma educação científica inclusiva e inovadora.

## REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDITORES CIENTÍFICOS (ABEC). Pesquisa inédita faz retrato do ensino de ciências no Brasil na última década. 2023. Disponível em: <https://www.abecbrasil.org.br/>. Acesso em: 26 set. 2024.
- [2] BACICH, Lilian; MORAN, José. Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.
- [3] BARCELOS, Mariana E. Mapeamento da pesquisa em ensino de Física no Brasil: análise das teses e dissertações publicadas nos últimos 40 anos (1972-2012). *Revista Eletrônica Pesquiseduca*, 2013. Disponível em: <https://periodicos.unisantos.br>. Acesso em: 26 set. 2024.
- [4] COSTA, Luciano Gonsalves; BARROS, Marcelo Alves. O ensino de física no Brasil: problemas e desafios. *Matemática, Química, Física*. Belo Horizonte: Poisson, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.36229/978-85-7042-166-1>. Acesso em: 26 set. 2024.
- [5] FUNDAÇÃO LEMANN; INSTITUTO INSPIRARE; ITAÚ BBA. Educação que faz sentido: a percepção dos jovens sobre o Ensino Médio no Brasil. 2014. Disponível em: <https://fundacaolemann.org.br/publicacoes/educacao-que-faz-sentido>. Acesso em: 16 set. 2024.
- [6] GATTI, Bernardete Angelina. Formação de Professores no Brasil: características e problemas. *Educação & Sociedade*, v. 30, n. 109, p. 1355-1379, 2009.
- [7] MARANDINO, Martha. A prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em ensino de ciências: questões atuais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 20, n. 2, p. 168-193, 2003.
- [8] MASSONI, Neander Souza; SANTOS, Vinícius da Silva. A utilização de simulações e experimentos no ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 1-12, 2017.
- [9] MASSONI, Neander Souza; SANTOS, Vinícius da Silva. Abordagens metodológicas no ensino de Física: uma análise da utilização de tecnologias e experimentação no ensino de Mecânica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 1-12, 2017.
- [10] MEGID NETO, José; FRACALANZA, Hilário. A transferência de resultados da pesquisa acadêmica para a prática pedagógica: desafios e soluções. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 3, p. 305-312, 2014.
- [11] MEGID, Valéria; PACHECO, Sérgio. A transferência de resultados da pesquisa acadêmica para a prática pedagógica: desafios e soluções. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 3, p. 305-312, 2014.

- [12] MOREIRA, Marco Antônio. A relevância do conhecimento de física para a cidadania e a incoerência no ensino de física. In: LEITE, L.; DOURADO, L.; AFONSO, A. S.; MORGADO, S. Contextualizing teaching to improve learning. Nova York: Nova Science Publishers, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br>. Acesso em: 26 set. 2024.
- [13] MOREIRA, Marco Antônio. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007.
- [14] MOREIRA, Marco Antônio. Desafios no ensino da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 43, suppl. 1, e20200451, 2021.
- [15] MORTIMER, Eduardo Fleury. O impacto das estratégias construtivistas no ensino de Ciências. *Revista de Educação em Ciências*, v. 37, n. 1, p. 47-60, 2014.
- [16] NARDI, Roberto; GUÇÃO, Maria F. B.; JESUS, Alini C. S. de; TAKAHASSHI, Bruna T.; CARNIO, Maria P. Tendências na pesquisa em ensino de Física: o estado da arte das publicações no encontro de pesquisa em ensino de Física (EPEF) de 2006 a 2014. *XXII Encontro Nacional de Ensino de Física (SNEF)*, Manaus, 2017.
- [17] REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA. 2023. Publicação da Sociedade Brasileira de Física (SBF). Disponível em: <http://sbfisica.org.br/rbef/>. Acesso em: 26 set. 2024.
- [18] RIBEIRO, Eugênio E. H.; BICALHO, Francisco S.; ALENCAR, José R. S.; NARDI, Roberto. Tendências na pesquisa em ensino de física: o estado da arte das publicações no encontro de pesquisa em ensino de Física (EPEF) de 2006 a 2014. *XXII Encontro Nacional de Ensino de Física (SNEF)*, 2017 (Repositório da Produção USP).
- [19] RICARDO, Elio C.; FREIRE, Janaína CA. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, p. 251-266, 2007.
- [20] ROSA, Marília. Desafios da formação continuada de professores de Ciências no Brasil. *SciELO Brasil*, v. 41, n. 1, p. 12-21, 2017.
- [21] SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica no ensino fundamental: evidências de atividades discursivas em sala de aula. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 8, n. 2, p. 7-20, 2008.
- [22] SOCIETY BRASILEIRA DE FÍSICA (SBF). Laços e Nós do Ensino de Física. In: *XXV Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 2023. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/~snef/xxv/index.php/pt/>. Acesso em: 26 set. 2024.
- [23] ARAÚJO, M.; LIMA, S.; SANTOS, P. Mecânica clássica e o uso de máquinas simples no ensino médio: propostas de atividades. *Revista Brasileira de Educação em Ciências*, v. 28, n. 2, p. 45-59, 2023.

- [24] CARVALHO, J.; MASSONI, A. A importância das práticas experimentais no ensino de física: estudo de caso em escolas públicas. *Física na Escola*, v. 33, n. 1, p. 14-29, 2022.
- [25] FERREIRA, T.; DIAS, R. Catapultas no ensino de mecânica: um experimento de baixo custo e alto impacto. *Ciência e Educação*, v. 27, n. 3, p. 95-109, 2022.
- [26] GONÇALVES, L.; ALMEIDA, P. O impacto das atividades práticas no aprendizado da mecânica clássica no ensino médio. *Revista de Ensino de Física*, v. 39, n. 2, p. 78-92, 2022.
- [27] LIMA, A.; OLIVEIRA, M. Metodologias ativas no ensino de física: abordagens práticas e inovadoras. *Educação e Ciência*, v. 44, n. 1, p. 63-81, 2023.
- [28] MARTINS, C.; SILVA, H. A aprendizagem prática no ensino de mecânica clássica: uma análise qualitativa. *Revista de Ensino de Ciências*, v. 37, n. 2, p. 103-117, 2023.
- [29] NARDI, R. O ensino de física no Brasil: desafios e perspectivas para o futuro. *Revista Brasileira de Educação*, v. 25, n. 87, p. 1-18, 2020.
- [30] SILVA, V.; COSTA, J.; MENEZES, L. Atividades práticas e jogos no ensino de física: uma abordagem gamificada para o ensino de mecânica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 4, p. 401-419, 2022.

## ANEXOS

### ANEXO A

#### **Roteiro 1: Carrinho de Corrida com Bexiga**

##### **Objetivos:**

- Compreender a Terceira Lei de Newton (Ação e Reação) por meio de um experimento prático.
- Demonstrar como o ar pode ser utilizado como fonte de energia para mover objetos.
- Explorar o conceito de propulsão.

**Introdução Teórica:** O carrinho movido por bexiga ilustra a Terceira Lei de Newton, que afirma que "para toda ação, há uma reação de igual magnitude e em direção oposta". Quando o ar é liberado da bexiga, ele exerce uma força para trás, fazendo com que o carrinho se mova para frente. Esse experimento também explora o conceito de propulsão, além de fatores como atrito e resistência do ar.

**Link:** <https://forms.gle/ucnPW6rYa6tSKZQRA>

##### **Materiais Necessários:**

- 1 Palito de churrasco
- 1 pedaço de papelão (20x20 cm)
- 2 canudos de plástico
- 4 tampinhas de refrigerante
- Cola quente ou fita adesiva
- 1 liga elástica
- 1 bexiga
- 1 estilete

Figura 14: Materiais Carrinho



Fonte: Autor.

#### Montagem:

1. **Estrutura:** Corte o papelão como base do carrinho e cole o canudo no meio na vertical de forma que fique um pedaço para fora
2. **Rodas:** Fure as tampinhas e insira nos palitos de churrasco, criando as rodas.
3. **Bexiga:** Cole a bexiga a um canudo e fixe-o ao carrinho, com a extremidade do canudo voltada para trás.
4. **Lançamento:** Encha a bexiga com ar, solte-a e observe o movimento do carrinho.

#### Discussão dos Resultados:

- A Terceira Lei de Newton é observada quando o ar é liberado da bexiga, fazendo o carrinho se mover.
- O atrito e a resistência do ar influenciam a distância percorrida pelo carrinho.
- A quantidade de ar (energia potencial) afeta a velocidade e distância do movimento.

**Conclusão:** O experimento demonstrou a Terceira Lei de Newton e a transformação de energia potencial em energia cinética. Além disso, mostrou como fatores como atrito e resistência do ar afetam o movimento.

### **Perguntas para Avaliação:**

1. O que a Terceira Lei de Newton afirma?
2. Como o ar dentro da bexiga se relaciona com o movimento do carrinho?
3. Quais fatores influenciam a distância que o carrinho percorre?
4. Como o atrito afeta o movimento do carrinho?
5. O que ocorre quando você aumenta a quantidade de ar dentro da bex

## ANEXO B

### Roteiro 2: Catapulta Newtoniana – Força e Movimento em Ação

#### Objetivos:

- Compreender as Leis de Newton de forma prática.
- Explorar como a força aplicada afeta o movimento de um objeto.
- Demonstrar ação e reação através do lançamento de objetos.

**Introdução Teórica:** A catapulta é uma máquina simples que exemplifica as três Leis de Newton:

1. **Primeira Lei (Inércia):** Um objeto permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a menos que uma força externa atue sobre ele.
2. **Segunda Lei ( $F = ma$ ):** A força que atua sobre um objeto é igual à massa multiplicada pela aceleração.
3. **Terceira Lei (Ação e Reação):** Para toda ação, há uma reação de igual magnitude e direção oposta.

**Link:** <https://forms.gle/XkthDQT3K3J1vMXE9>

#### Materiais Necessários:

- 6 palitos de sorvete
- 3 elásticos
- 1 tampinha de refrigerante
- 1 pedaço de folha de revista
- Fita adesiva
- Tesoura
- Cola quente
- Retalhos de papel colorido (para decorar)

### **Montagem:**

1. **Base:** Empilhe e prenda 4 palitos de sorvete com elásticos nas extremidades.
2. **Braço:** Cole a tampinha de refrigerante na ponta de um palito.
3. **Mecanismo:** Prenda o palito com a tampinha sobre outro palito de forma cruzada com um elástico.
4. **Lançamento:** Coloque uma bolinha de papel na tampinha, puxe o braço da catapulta e solte para lançar.

### **Discussão dos Resultados:**

- A Primeira Lei é observada quando a bolinha permanece em repouso até que uma força externa seja aplicada.
- A Segunda Lei é vista na relação entre força aplicada, massa da bolinha e sua aceleração.
- A Terceira Lei é demonstrada no movimento da catapulta quando ela empurra a bolinha para frente.

**Conclusão:** A catapulta é uma ferramenta eficiente para demonstrar as Leis de Newton. Os alunos experimentaram como a força aplicada afeta o movimento, e observaram como diferentes massas de objetos respondem à força.

### **Perguntas para Avaliação:**

1. Como a Primeira Lei de Newton se aplica ao movimento da catapulta?
2. O que a Segunda Lei de Newton diz sobre a relação entre força e massa?
3. O que acontece quando você lança uma bolinha mais pesada? Por quê?
4. Como a Terceira Lei de Newton é demonstrada no funcionamento da catapulta?
5. Quais fatores influenciam a distância que a bolinha é lançada pela catapulta?

## ANEXO C

### Roteiro 3: Gerador de Ondas Mecânicas

#### Objetivos

- Compreender o conceito de ondas mecânicas e suas propriedades (frequência, amplitude, comprimento de onda etc.).
- Visualizar o comportamento de uma onda através de um modelo físico.
- Demonstrar como a energia se propaga em uma onda mecânica sem que a matéria se desloque significativamente.

#### Introdução Teórica

Ondas mecânicas são perturbações que se propagam através de um meio material (sólido, líquido ou gasoso), transportando energia de um ponto a outro sem transportar matéria. Existem dois tipos principais:

1. **Ondas Transversais:** As partículas do meio oscilam perpendicularmente à direção de propagação (ex.: ondas em uma corda).
2. **Ondas Longitudinais:** As partículas do meio oscilam na mesma direção da propagação (ex.: som).

As principais propriedades das ondas incluem:

- **Amplitude:** Máximo deslocamento de uma partícula.
- **Frequência:** Número de oscilações por segundo.
- **Comprimento de onda:** Distância entre dois pontos consecutivos em fase.
- **Velocidade da onda:** Depende do meio em que a onda se propaga

<https://forms.gle/7DwpHazraSiStfBi6>

## Materiais Necessários

- Palitos de churrasco (10 a 15)
- Jujubas (1 por palito)
- Fita adesiva
- Base firme (tábua ou caixa de papelão)
- Régua ou fita métrica

Figura 15: Materiais Gerador de Ondas Mecânicas



Fonte: Autor.

## Montagem e Procedimento

### 1. Montagem do Modelo:

- Fixe os palitos de churrasco verticalmente na base, espaçados uniformemente (cerca de 3 cm).
- Coloque uma jujuba no topo de cada palito.

### 2. Propagação da Onda:

- Empurre suavemente um dos palitos da extremidade e observe a oscilação.

- Meça a distância entre os palitos (comprimento de onda).
- Varie a força do empurrão e observe mudanças na amplitude e velocidade da onda.

### **Conclusão**

Este experimento mostra como a energia se propaga em uma onda transversal sem que a matéria (os palitos) se desloque. A amplitude depende da força aplicada e o espaçamento entre os palitos simula o comprimento de onda.

### **Avaliação**

1. O que acontece com a amplitude quando aumentamos a força aplicada?
2. O que é o comprimento de onda no experimento?
3. Como a energia é transferida ao longo dos palitos?
4. Por que as jujubas (partículas) não se movem com a onda?
5. Como a distância entre os palitos afeta a onda observada?

## ANEXO D

### Roteiro 4: Escape Room (Fuga Científica)

#### Objetivos

- Proporcionar uma experiência interativa de resolução de desafios científicos.
- Reforçar conceitos de física através de um jogo.
- Desenvolver pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho em equipe.

#### Introdução Teórica

O Escape Room é uma dinâmica de jogo em que os participantes devem resolver uma série de enigmas para "escapar". No Escape Room Científico, os desafios envolvem aplicar conceitos de física para avançar no jogo.

**Link:** <https://forms.gle/VsPNtRBATwJ78qav6>

#### Materiais Necessários

- Plataforma Genially (para criação do jogo)
- Sala virtual para monitoramento
- Desafios interativos baseados em física

Figura 16: Materiais Escape Room (Fuga Científica)



Fonte: Autor.

## **Procedimento**

### **1. Criação dos Desafios:**

- **Joia da Terra:** Resolver mistérios da história da física.
- **Joia do Ar:** Decifrar gráficos de velocidade.
- **Joia da Água:** Resolver enigmas sobre luz e reflexão.
- **Joia do Fogo:** Realizar cálculos de física mecânica.

### **2. Jogabilidade:**

- Os alunos, organizados em grupos, resolvem os desafios em tempo real.
- A cada desafio resolvido, eles desbloqueiam a próxima fase.

## **Discussão dos Resultados**

Após o jogo, é essencial discutir o desempenho:

- Como foi a colaboração entre os alunos?
- Quais conceitos científicos foram mais fáceis ou difíceis de aplicar?
- Como eles lidaram com os desafios mais complexos?

## **Avaliação**

1. Quantos desafios foram resolvidos corretamente?
2. Como os alunos colaboraram durante o jogo?
3. Quais conceitos os alunos acharam mais fáceis de aplicar?
4. Como os alunos lidaram com os enigmas mais desafiadores?
5. O que eles aprenderam com a atividade e como isso os ajudou a revisar conceitos de física?