



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

**Abordagem Vetorial das Leis de Newton em Experimentação de
Baixo Custo**

Igor Fernando de Moura Fontes

Limoeiro/PE

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

Abordagem Vetorial das Leis de Newton em Experimentação de Baixo Custo

Igor Fernando de Moura Fontes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Educação a Distância e Tecnologia, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientadora: Flávia Portela Santos

Limoeiro

2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre presente em todos os momentos da vida, livrando de todas as adversidades e concedendo sabedoria, força e inteligência para alcançar esse marco tão especial na vida.

Com carinho aos pais, Ivanildo Antônio Fontes, minha mãe, Edilene Tavares de Moura, e ao irmão Erick de Moura Fontes, por toda a motivação e incentivo.

À professora orientadora Flávia Portela Santos, expresso minha gratidão pela excepcional orientação. Agradeço também à Marcela Farias pelo brilhante apoio ao longo do curso.

Por fim agradeço às colegas de Universidade, Aline Maria da Silva Soares, e Aurineide Ivaneide Alves da Silva, que contribuíram duramente minha caminhada.

Abordagem Vetorial das Leis de Newton em Experimentação de Baixo Custo

Igor Fernando de Moura Fontes
Licenciatura em Física UAEADTec
Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE
igorfermoura@gmail.com

Flávia Portela Santos
Orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso
Licenciatura em Física UAEADTec
Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE
flavia.portela@ufrpe.br

RESUMO

Este trabalho apresenta um material didático baseado na construção e análise vetorial de experimentos de baixo custo relacionados às três Leis de Newton. A iniciativa visa tornar o ensino da Física mais acessível, visual e contextualizado, sobretudo em realidades escolares com limitações estruturais. Através da realização de experimentos simples, utilizando materiais de fácil obtenção, buscou-se proporcionar uma abordagem prática e visual dos conceitos fundamentais da mecânica clássica. A pesquisa adotou uma metodologia experimental, com foco na representação vetorial das forças envolvidas em cada atividade, visando à produção de um material didático que facilite a compreensão dos fenômenos físicos. Foram analisados quatro experimentos, voltados para ilustrar as três leis de Newton: o primeiro relacionado à Primeira Lei (inércia), o segundo e o terceiro à Segunda Lei (dinâmica do movimento e influência do atrito), e o quarto à Terceira Lei (ação e reação). Foi desenvolvido a produção de imagens com a representação vetorial dos vetores de movimento relevantes para demonstração das Leis de Newton na prática. O material desenvolvido busca oferecer suporte a professores e estudantes no ensino das Leis de Newton, especialmente em contextos escolares com recursos limitados, apresentando uma alternativa que integra a prática experimental à análise gráfica e vetorial.

Palavras-chave: Leis de Newton; experimentos de baixo custo; ensino de Física; análise vetorial.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física na educação básica enfrenta desafios persistentes, em especial no que diz respeito à motivação dos estudantes e à compreensão de conceitos abstratos. A abordagem tradicional, centrada na memorização de fórmulas e resolução de exercícios descontextualizados, contribui para o desinteresse pela disciplina (Zanetic, 2005). Essa limitação evidencia a necessidade de metodologias que aproximem o conteúdo da realidade dos alunos, tornando-o mais acessível e significativo.

A experimentação é um recurso didático que pode transformar o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que permite ao estudante observar fenômenos físicos de forma concreta e investigativa. Como destaca Mortimer (1996), “a aprendizagem em sala de aula, a partir dessa perspectiva, é vista como algo que requer atividades práticas bem elaboradas que desafiem as concepções prévias do aprendiz”. Nesse sentido, a prática experimental contribui para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, como a formulação de hipóteses, a coleta e análise de dados, e a interpretação de resultados (Giordan, 1999).

Segundo Freire (1997), a compreensão da teoria está intrinsecamente ligada à vivência prática, sendo necessário “experimentá-la” para que se torne significativa. Nesse sentido, a experimentação em sala de aula configura-se como uma estratégia essencial para a mediação entre o conhecimento teórico e a realidade vivida pelos estudantes.

Para Arruda e Laburú (1998), é fundamental integrar teoria e prática no ensino de Ciências, utilizando recursos que favoreçam a construção do conhecimento. Os autores destacam que a experimentação não se limita à confirmação de resultados esperados, mas atua como meio de organização e interpretação dos fenômenos, permitindo que a teoria seja compreendida em contextos concretos.

Além disso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reconhece a importância de práticas experimentais ao estabelecer, como uma das competências específicas da área de Ciências da Natureza, a valorização de estratégias de investigação, observação e representação de fenômenos físicos, com base em evidências (BRASIL, 2018).

Apesar de as Leis de Newton representarem um dos pilares da mecânica clássica e serem frequentemente abordadas nas aulas de Física, sua compreensão ainda é dificultada pela forma abstrata como são ensinadas. Uma das principais barreiras está relacionada à dificuldade dos alunos em compreender grandezas vetoriais como Força, Aceleração e velocidade, e suas representações (Oliveira; Lima, 2019). Tais dificuldades impactam

diretamente a capacidade dos estudantes de interpretar situações reais e aplicar os conceitos aprendidos.

1.1 A Importância da Experimentação no Ensino de Física

A experimentação ocupa papel importante no processo de ensino-aprendizagem em Ciências, pois possibilita ao estudante compreender conceitos abstratos por meio da observação prática. Segundo Hodson (1994), atividades experimentais contribuem para o desenvolvimento do pensamento crítico, da autonomia intelectual e da capacidade de investigar fenômenos de forma científica. Nesse sentido, a prática experimental não deve ser vista apenas como ilustração teórica, mas como oportunidade de construção ativa do conhecimento (Borges, 2002). No ensino de Física, essa abordagem se torna especialmente relevante, visto que grande parte dos conteúdos apresenta caráter abstrato, dificultando a compreensão apenas pela via expositiva. Como destacam Araújo e Abib (2003), a utilização de experimentos no processo educativo favorece a motivação dos estudantes, amplia a capacidade de relacionar teoria e prática e promove maior retenção do conhecimento.

As Leis de Newton, foco desta investigação, representam um dos pilares da Mecânica Clássica e podem ser exploradas em atividades experimentais simples e acessíveis, com potencial de aprofundar a compreensão dos estudantes. A Primeira Lei de Newton (Lei da Inércia) pode ser investigada por meio de experimentos com carrinhos em superfícies de baixo atrito, permitindo observar o movimento retilíneo uniforme na ausência de forças externas significativas, como mostrado no vídeo educacional de Welton Oliveira (2021). A Segunda Lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica) pode ser explorada em atividades que envolvem massas diferentes acopladas a carrinhos de dinâmica, demonstrando a relação entre força, massa e aceleração. Essa abordagem pode ser observada no vídeo educacional produzido por Carlos Brito (2020). Já a Terceira Lei de Newton (Ação e Reação) é facilmente exemplificada em experimentos como o lançamento de foguetes de garrafa PET ou em situações cotidianas, como o impulso entre dois corpos em contato, conforme ilustrado no vídeo experimental do Virtual Club (2020).

Essas experiências não apenas validam os princípios fundamentais da Física, mas também tornam o aprendizado mais significativo, pois aproximam o conteúdo da realidade dos alunos (García; Castro, 2011). Dessa forma, a experimentação cumpre duplo papel: reforçar a compreensão teórica e despertar o interesse pela investigação científica.

Diante desse cenário, a elaboração de experimentos de baixo custo, aliados à representação vetorial das forças envolvidas, apresenta-se como uma alternativa pedagógica

relevante e viável, sobretudo em contextos escolares com infraestrutura limitada (Silva, Pereira, Oliveira, 2020). Essa abordagem favorece não apenas a visualização dos princípios físicos, mas também a construção de uma aprendizagem mais ativa, crítica e contextualizada.

Diante disso, este trabalho propõe o desenvolvimento e a análise vetorial de experimentos simples e acessíveis, com o intuito de representar graficamente grandezas, como força resultante, força normal, atrito, peso, aceleração e reação, relacionadas às três Leis de Newton. Os experimentos foram elaborados com materiais de fácil obtenção e pensados para favorecer a visualização das interações físicas de forma clara e contextualizada. Ao integrar teoria e prática por meio de atividades experimentais de baixo custo, a proposta visa contribuir com o ensino de Física na educação básica, fornecendo um recurso didático que possibilite a compreensão dos experimentos, associando-os à teoria e com os professores para uso em aulas.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho consistiu na construção de experimentos desenvolvidos com materiais simples e acessíveis, voltados para a demonstração prática das três Leis de Newton: a Primeira Lei (Lei da Inércia), a Segunda Lei (Princípio Fundamental da Dinâmica) e a Terceira Lei (Ação e Reação). Após a construção, conduziu-se registros fotográficos de momentos relevantes do experimento e posterior edição das imagens com a análise das grandezas vetoriais atuantes no sistema. Para a edição das imagens foi utilizado o site Canva.

Os experimentos foram planejados para permitir a observação direta das interações entre forças atuantes no movimento dos corpos, visando facilitar a compreensão das Leis de Newton em sala de aula. A construção das atividades experimentais utilizou materiais acessíveis e de baixo custo, considerando as limitações estruturais comuns em muitas escolas públicas brasileiras. A seleção dos experimentos teve como base propostas já consolidadas em vídeos educacionais e obras didáticas, que foram adaptadas à abordagem vetorial deste trabalho. Foram priorizadas experiências com potencial didático, clareza conceitual e viabilidade prática, buscando oferecer uma proposta viável mesmo em contextos com recursos limitados.

Além disso, os experimentos utilizados neste trabalho foram obtidos a partir de duas fontes principais: vídeos educacionais disponíveis no YouTube e construções próprias do autor. Os experimentos retirados dos vídeos foram adaptados e tiveram como referência as práticas demonstradas nos vídeos de Welton Oliveira (2021) e Funsciendemos (2013). Já os

experimentos 2 “Cabo de Guerra Unilateral” e o 4 “Tornado de Bacia”, foram construídos pelo próprio autor, com base no vídeo de Carlos Brito (2020) e no artigo científico de Lima (2015). Essas adaptações buscaram simplificar a montagem, manter o baixo custo e facilitar a reprodução em contextos escolares com infraestrutura limitada.

Para cada experimento desenvolvido, realizou-se uma descrição detalhada da estrutura, dos materiais utilizados e do procedimento experimental. Após a montagem, foram feitos registros fotográficos dos momentos mais relevantes da execução, os quais serviram como base para as representações gráficas vetoriais. Essas imagens foram posteriormente editadas com o auxílio do site Canva (<https://www.canva.com/>), que permitiu a inserção precisa de vetores representando as principais grandezas físicas envolvidas, como força peso, força normal, força de atrito, força resultante, aceleração e velocidade.

As representações vetoriais foram padronizadas em cor e direção, buscando manter coerência visual ao longo de todo o trabalho. Cada vetor foi identificado por siglas e indicado com setas finas, seguindo o padrão utilizado em livros didáticos de Física básica. Essa abordagem visual contribui significativamente para a compreensão das leis do movimento, tornando o processo de ensino mais concreto, atrativo e contextualizado. Dessa forma, a proposta integra teoria e prática por meio da experimentação visual, oferecendo um recurso didático replicável em contextos escolares com recursos limitados.

2.1 Experimento 1 “Colisão” – Primeira Lei de Newton (Lei da Inércia)

Objetivo: Demonstrar o princípio da inércia por meio de um experimento que ilustra a tendência de um corpo manter seu estado de movimento quando não submetido a uma força resultante.

Materiais necessários:

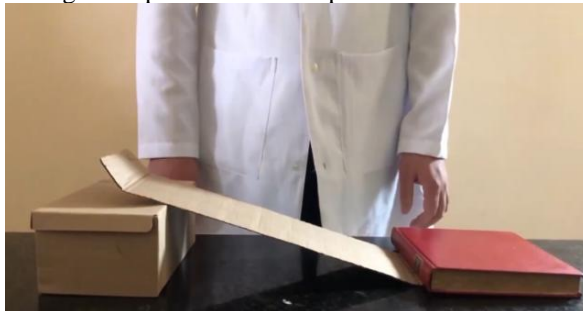
- Duas caixas (de tamanhos diferentes, para formar a rampa);
- Um carrinho de brinquedo com um suporte superior;
- Uma esfera (bolinha) leve;
- Um livro (para servir de obstáculo);
- Um calço ou outro objeto para inclinar a rampa.

Montagem:

Inicialmente, foram posicionadas duas caixas sobre uma mesa, com a maior servindo como base inclinada para formar uma rampa. Um livro foi fixado próximo à extremidade infe-

rior da rampa, funcionando como obstáculo para o carrinho, conforme ilustrado na Figura 1. O carrinho utilizado possuía um suporte acoplado em sua parte superior, onde a esfera foi colocada apenas apoiada, de forma que ficasse equilibrada sem o uso de fita adesiva ou qualquer fixação. A esfera permanecia estática enquanto o carrinho estava em repouso. Por fim, o conjunto formado pelo carrinho e a bolinha foi posicionado no topo da rampa, pronto para o início do experimento.

Figura 1. Montagem Experimental do Experimento 1 - Lei da Inércia



Fonte: Welton Oliveira (2021).

Procedimento:

1. Posicionar duas caixas sobre uma mesa para formar uma rampa, com a maior servindo de base inclinada (Figura 1).
2. Incliná-la utilizando um calço ou objeto adequado, ajustando o ângulo de modo que o carrinho possa deslizar livremente.
3. Fixar um livro (ou objeto semelhante) ao final da rampa para servir como obstáculo.
4. Colocar a esfera levemente apoiada no suporte localizado na parte superior do carrinho, sem qualquer tipo de fixação (fita ou cola).
5. Posicionar o carrinho com a esfera no topo da rampa, em repouso.
6. Liberar o carrinho, permitindo que ele desça a rampa e colida com o obstáculo (Figura 2).
7. Observar o comportamento da esfera no momento da colisão: ela deverá seguir em movimento, sendo lançada para frente (Figura 3).

O experimento foi iniciado com o conjunto formado pelo carrinho e a bolinha em repouso no topo da rampa como ilustrado na Figura 2. Ao ser liberado, o carrinho desceu a rampa, ganhando velocidade devido à componente da força gravitacional na direção do plano inclinado.

Figura 2. Instante em que o carrinho é solto no alto da rampa.



Fonte: Fonte: Welton Oliveira (2021).

Ao colidir com o livro na base da rampa (Figura 3), o carrinho foi subitamente interrompido. No entanto, como a esfera não estava presa, ela manteve seu movimento, sendo lançada para frente. Isso ocorre porque, ao contrário do carrinho, a esfera não sofreu a ação direta da força de reação do obstáculo.

Figura 3. Momento da colisão do carrinho, e do lançamento da bolinha.



Fonte: Welton Oliveira (2021).

2.2 Experimento 2 “Cabo de Guerra Unilateral” – Segunda Lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica)

Objetivo: Demonstrar a Segunda Lei de Newton, evidenciando a relação entre força, massa e aceleração por meio de um experimento simples com carrinho e pesos.

Materiais necessários:

- Carrinho de brinquedo;
- Cordão;
- Roldana;
- Pesos variados (massas conhecidas);
- Régua ou fita métrica;
- Cronômetro;

– Superfície plana e lisa.

Montagem:

O carrinho é posicionado sobre uma superfície plana e lisa (Figura 4). Um cordão é preso à frente do carrinho, e na outra extremidade são acoplados pesos, no experimento em questão foi utilizado uma laranja, no qual fiquem apoiados sobre uma roldana fixada na extremidade do plano, de modo que puxem diretamente o carrinho quando liberada. No registro fotográfico do experimento 2, não foi utilizada uma polia por indisponibilidade de material no momento da montagem. No registro fotográfico do experimento 2, não foi utilizada uma polia por indisponibilidade de material no momento da montagem. Contudo, a ausência desse elemento altera o sistema, pois o cordão, em contato com a borda da mesa, introduz atrito adicional e não se mantém totalmente horizontal, ficando inclinado em direção ao bloco suspenso. Esses fatores deveriam ser considerados com a adição de novas forças no diagrama vetorial. No entanto, como o objetivo deste trabalho é qualitativo, buscando apenas a percepção do aumento ou diminuição da aceleração conforme a variação da massa aplicada, a falta da polia não comprometeu a interpretação geral do fenômeno. Ressalta-se, porém, que para fins de visualização vetorial e representação correta das forças, a presença da polia é relevante. Por esse motivo, está sendo providenciado o material adequado para complementar a análise com a devida representação gráfica. A configuração adotada manteve a relação entre força, massa e aceleração prevista pela Segunda Lei de Newton.

Figura 4. Montagem Experimental do Experimento 2 – Princípio Fundamental da Dinâmica



Fonte: Próprio Autor.

Quando o carrinho é liberado, as massas na extremidade livre exercem uma força no cordão e este transmite a força de tração ao carrinho, gerando o movimento (Figura 5).

Figura 5. Momento em que o peso é liberado gerando o movimento do carrinho



Fonte: Próprio Autor.

Procedimento:

1. Utilizar uma massa conhecida e prenda-a à extremidade livre do cordão (Figura 4).
2. Soltar suavemente a massa suspensa, e meça o tempo necessário para o carrinho percorrer uma distância fixa (Figura 5).
3. Repetir o processo com diferentes massas aplicadas (sem alterar a massa do carrinho).
4. Registrar os tempos e comparar a aceleração em cada caso.

2.3 Experimento 3 “Deslizamento” – Segunda Lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica)

Objetivo: Demonstrar como o atrito interfere na aceleração de um corpo, ilustrando a relação entre força resultante e movimento conforme a Segunda Lei de Newton ($F=m.a$).

Materiais Necessários:

- Blocos de madeira ou plástico (iguais ou semelhantes);
- Superfícies com diferentes texturas (lixa, madeira lisa, tecido, papel-alumínio);
- Plano inclinado ajustável;
- Bolas de vidro (opcional, para simular rolamento);
- Cronômetro.

Montagem e Procedimento:

O experimento foi dividido em duas partes:

Parte 1 – Bloco sobre diferentes superfícies:

1. Posicionar o plano inclinado com inclinação ajustável.
2. Como mostrado na Figura 6 colocar o bloco de diferente revestimento (ex: madeira, tecido, lixa ou papel-alumínio) sobre a superfície de teste.

Figura 6. Blocos com diferentes revestimentos sobre superfície inclinada.



Fonte: Funsciencedemos (2013).

3. Aumentar gradualmente a inclinação do plano até que o bloco comece a deslizar (Figura 7).
4. Registrar o **ângulo mínimo** necessário para o movimento iniciar.
5. Repetir o procedimento com as demais superfícies.

Figura 7. Momento em que os blocos deslizam a superfície inclinada.



Fonte: Funsciencedemos (2013).

Parte 2 – Comparação com rolamento:

1. Utilizar dois blocos semelhantes (Figura 8 e 9):

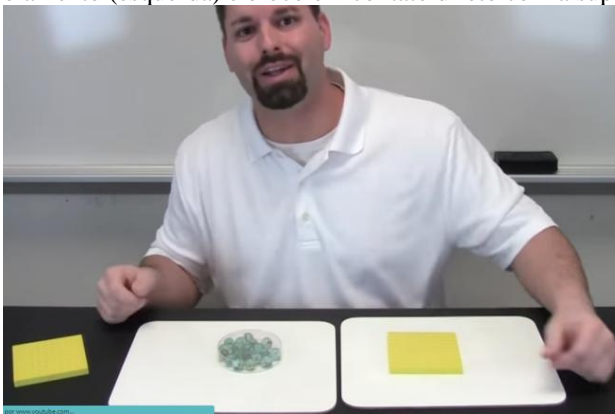
- Um diretamente sobre a madeira;
 - Outro com pequenas **bolas de vidro** entre ele e a base (simulando rolamento).
2. Aplicar a mesma força manual (ou impulso) em ambos e observe qual percorre maior distância ou gira por mais tempo.
 3. Registrar as diferenças qualitativas de movimento.

Figura 8. Comparação entre blocos de plástico sobre uma superfície plana.



Fonte: Funsciencedemos (2013).

Figura 9. Bloco com rolamento (esquerda) e bloco em contato direto com a superfície (direita).



Fonte: Funsciencedemos (2013).

2.4 Experimento 4 “Tornado de Bacia” – Terceira Lei (Ação e Reação)

Objetivo: Demonstrar a Terceira Lei de Newton por meio de um experimento simples e visual, no qual um sistema reage à ejeção de água, evidenciando a força de ação e sua respectiva força de reação.

Materiais necessários:

- 1 garrafa PET (cortada ao meio, utilizando apenas a parte superior com a tampa);

- 2 canudos com dobras;
- Cordão resistente;
- 1 bacia ou suporte para conter a rotação do sistema;
- Água.

Montagem:

Faça dois furos laterais na tampa da garrafa PET e insira os canudos dobrados em sentidos opostos, de modo que fiquem inclinados e apontando em direções contrárias. Faça dois furos adicionais nas laterais da garrafa, mais próximos do gargalo, e passe o cordão por eles, de modo que a garrafa possa ser suspensa livremente e girar. Pendure o sistema sobre uma bacia ou outro espaço livre para girar, garantindo que a garrafa fique equilibrada como mostra a figura 10.

Figura 10. Montagem Experimental do Experimento 4 - Lei da ação e reação



Fonte: Próprio Autor.

Procedimento:

1. Com a garrafa suspensa e parada (Figura 10), despejar rapidamente a água dentro dela. A água escoará pelos dois canudos.
2. Observar o movimento da garrafa: à medida que os jatos de água saem em direções opostas, a garrafa começa a girar no sentido contrário ao dos jatos.

3 ANÁLISE VETORIAL DOS EXPERIMENTOS - RESULTADOS

A partir das montagens experimentais descritas na metodologia, foram realizados registros fotográficos de momentos específicos da execução dos experimentos para edição dos

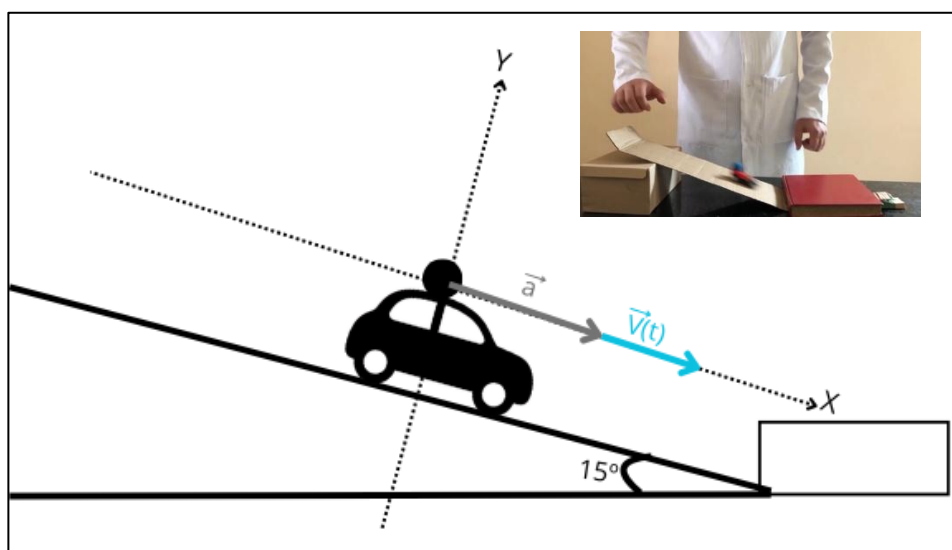
vetores relevantes para entendimento dos conceitos teóricos. Abaixo serão mostradas essas imagens editadas, especificando cada grandeza destacada.

3.1 Experimento 1 “Colisão” – Primeira Lei de Newton (Lei da Inércia)

Esse experimento ilustra a Primeira Lei de Newton, também conhecida como Lei da Inércia, segundo a qual um corpo tende a permanecer em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a menos que uma força externa atue sobre ele. No caso apresentado, o carrinho teve seu movimento interrompido por uma força externa (o obstáculo), enquanto a esfera, que não sofreu essa força diretamente, manteve seu estado de movimento. Esse fenômeno é observado em diversas situações do cotidiano, como o movimento dos passageiros de um veículo que freia bruscamente.

Antes da colisão e durante o movimento da descida da rampa, alguns vetores estão atuando sobre ele, sendo essencial analisar essas interações para compreender o fenômeno observado. Neste experimento, optou-se por não adicionar a representação detalhada das forças atuantes, pois este não é o foco principal da Primeira Lei de Newton. Incluir tais vetores neste contexto poderia reduzir a clareza sobre o fenômeno central, uma vez que exigiria abordar conceitos como força resultante e atrito, que são mais adequadamente explorados em outros experimentos deste trabalho. No entanto, destaca-se que o sistema apresenta aceleração, o que implica que a velocidade do carrinho não é constante, caracterizando um Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV).

Figura 11. Representação do Experimento COLISÃO, no momento antes da colisão, mostrando o diagrama vetorial das forças, com a imagem real do arranjo experimental inserida.



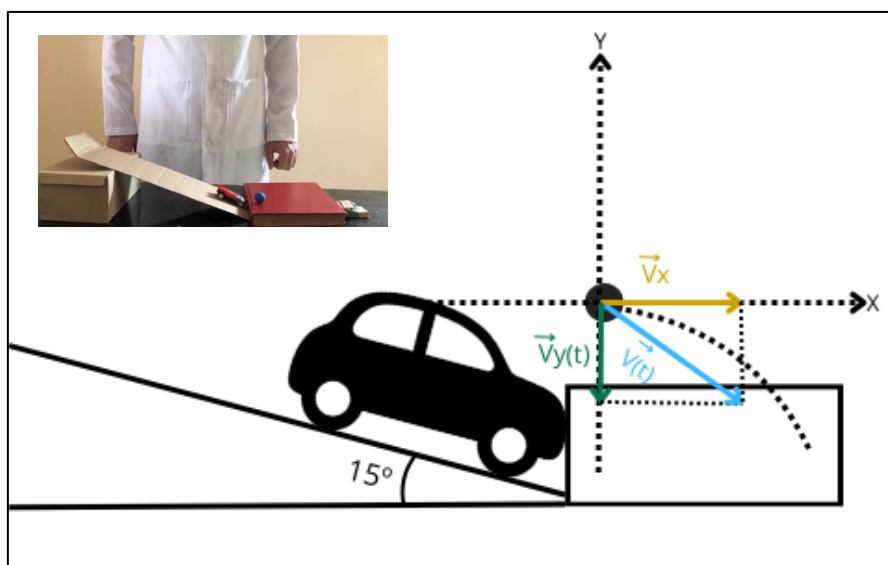
Fonte: Próprio Autor.

Na Figura 11, definimos os vetores representados da seguinte forma:

- **Aceleração** (\vec{a}) - vetor cinza: aponta na direção da rampa, representando a variação da velocidade ao longo da descida.
- **Velocidade** ($\vec{v}(t)$) - vetor azul claro: mesma direção da aceleração, a indicação (t) mostra que o módulo da velocidade é variável com o tempo.

No instante da colisão com o obstáculo (Figura 12), a esfera, que estava apenas apoiada no suporte do carrinho, é projetada para frente, mantendo o estado de movimento que possuía antes da interrupção do carrinho.

Figura 12. Representação do Experimento COLISÃO, no momento após a colisão, mostrando o diagrama vetorial das componentes da velocidade e imagem real do arranjo inserida.



Fonte: Próprio Autor.

- **Componente horizontal da Velocidade** (\vec{v}_x) - vetor dourado: Componente horizontal da velocidade no momento do lançamento. É constante, pois não há aceleração nessa direção no lançamento oblíquo. Tem direção horizontal e sentido para a direita.
- **Componente Vertical da Velocidade** (\vec{v}_y) - vetor verde escuro: Componente vertical da velocidade total do corpo após o lançamento. Representa a influência da gravidade, aumentando a velocidade nessa direção ao longo do tempo. Tem direção vertical e sentido para baixo.

- **Velocidade total** ($\vec{v}(t)$) - vetor azul claro: resulta da combinação vetorial (soma) das componentes horizontal e vertical, formando um vetor oblíquo.

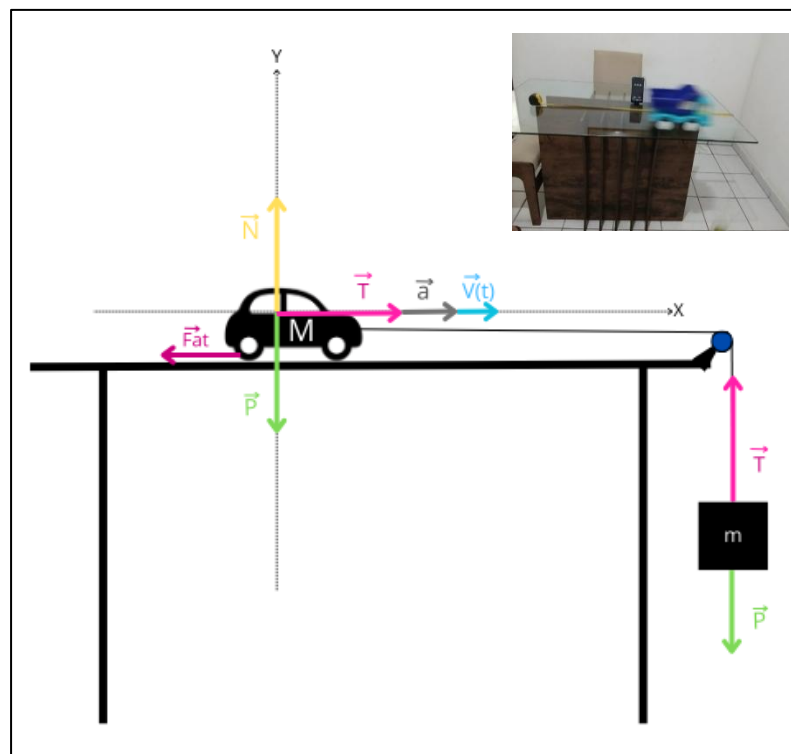
Esse conjunto de vetores ilustra o princípio da inércia, demonstrando que a esfera tende a manter seu movimento, mesmo após o carrinho ser subitamente interrompido.

3.2 Experimento 2 “Cabo de Guerra Unilateral” – Segunda Lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica)

A Segunda Lei de Newton estabelece que a aceleração de um corpo é proporcional à força resultante aplicada e inversamente proporcional à sua massa $F = m \cdot a$. A Força peso, que puxa o sistema, é exercida a partir de diferentes massas. Ao aumentar a força aplicada (utilizando massas maiores), mantendo constante a massa do carrinho, a aceleração do carrinho também aumenta.

O sistema analisado consiste em um carrinho sobre uma superfície plana conectado, por meio de um fio, a um bloco suspenso. Quando o sistema é liberado, ambos os corpos entram em movimento coordenado. As forças estão na Figura 13.

Figura 13. Representação do Experimento CABO DE GUERRA UNILATERAL, mostrando o diagrama vetorial das forças, contendo inserida a imagem real do arranjo.



Fonte: Próprio Autor.

No carrinho de massa M (Figura 13):

- **Tração** (\vec{T}) – vetor rosa: força que puxa o carrinho para frente, transmitida pelo fio.
- **Peso** (\vec{P}_1) – vetor verde: força gravitacional vertical para baixo, com módulo $P_1 = mg$.
- **Normal** (\vec{N}) – vetor amarelo: exercida pela superfície da mesa no carrinho e que equilibra as forças atuantes no carro, na direção vertical, que equilibra o peso do carrinho.
- **Aceleração** (\vec{a}) – vetor cinza: vetor atuante no sistema como um todo, como resultado da resultante das forças.
- **Velocidade** ($\vec{v}(t)$) – vetor azul claro: vetor velocidade do carrinho, variável com o tempo.

No bloco suspenso de massa m (Figura 13):

- **Peso** (\vec{P}_2) – vetor verde: força gravitacional vertical para baixo, com módulo $P_2 = mg$.
- **Tração** (\vec{T}) – vetor rosa: força vertical para cima, mesma que atua no carrinho.

3.3 Experimento 3 “Deslizamento” - Segunda Lei de Newton (Princípio Fundamental da Dinâmica)

O atrito é uma força que resulta do contato entre as superfícies de dois materiais. Ele se opõe ao movimento relativo entre essas superfícies e pode ser classificado como atrito estático (antes do movimento) ou atrito cinético (durante o movimento). Neste experimento, o foco está na observação do atrito estático, que é responsável por manter o corpo em repouso até que a componente da força peso paralela ao plano seja suficiente para superá-lo.

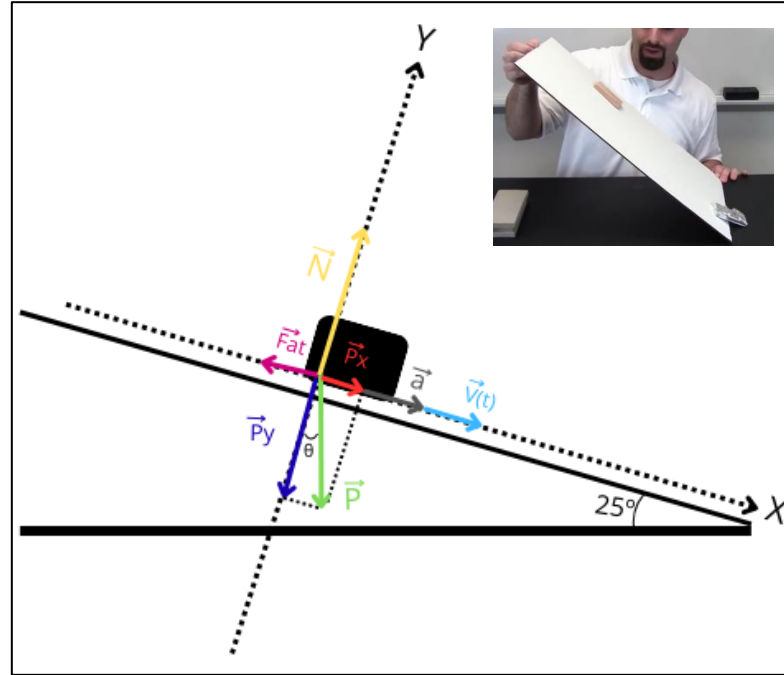
Ao variar-se o ângulo de inclinação do plano, aumenta-se a componente paralela da força peso ($P_x = mg \cdot \sin \theta$), que atua na direção do movimento, enquanto a componente perpendicular ($P_y = mg \cdot \cos \theta$) diminui, reduzindo a força normal.

A variação controlada do ângulo até um valor específico permite medir experimentalmente o coeficiente de atrito estático entre os materiais testados. Quando se ultrapassa o ângulo crítico, o bloco entra em movimento e o atrito cinético passa a atuar, sendo geralmente menor que o atrito estático. A análise física desse fenômeno ajuda a

compreender como a natureza e a textura das superfícies influenciam o movimento dos corpos.

Quando o bloco começa a deslizar, as forças envolvidas são mostradas na Figura 14.

Figura 14. Representação dos vetores de força atuantes no bloco durante o movimento sobre o plano inclinado, juntamente com a imagem experimental.



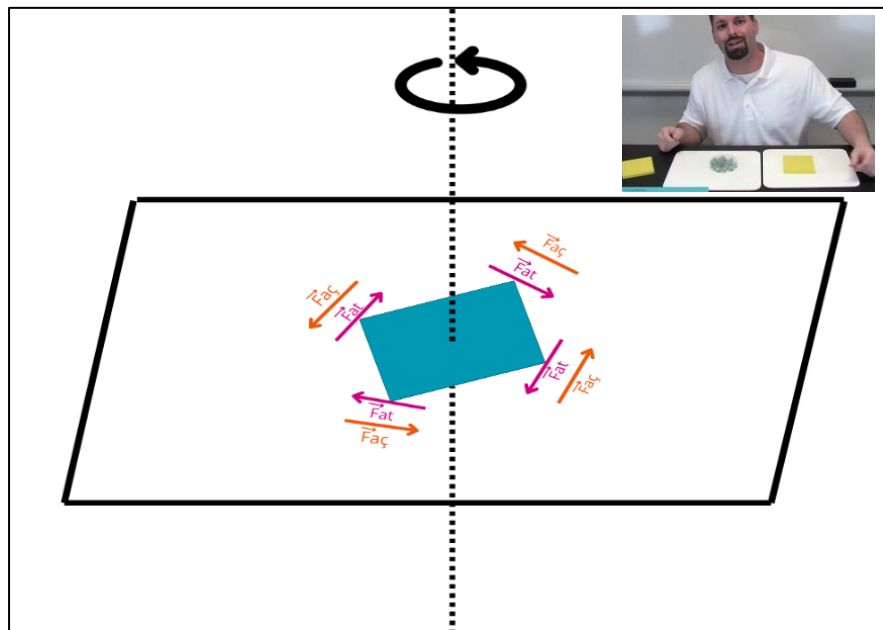
Fonte: Próprio Autor.

- **Peso (\vec{P})** - vetor verde: Força gravitacional exercida sobre o bloco, apontando sempre verticalmente para baixo.
- **Componente paralela (\vec{P}_x)** - vetor vermelho: componente do peso que atua na direção da rampa, responsável pelo deslizamento, com módulo $P_x = mg \cdot \sin \theta$.
- **Componente perpendicular (\vec{P}_y)** - vetor azul: componente do peso na direção y, vertical ao plano da rampa, com módulo $P_y = m_g \cdot \cos \theta$.
- **Normal (\vec{N})** - vetor amarelo: força de reação da superfície, perpendicular ao plano da rampa, que equilibra \vec{P}_y .
- **Força de atrito (\vec{F}_{at})** - vetor roxo: atua paralelamente à superfície e em sentido oposto ao movimento, resistindo ao deslizamento.
- **Aceleração (\vec{a})** - vetor cinza: na mesma direção de \vec{F}_x , calculado a partir da resultante das forças: $F_r = P_x - Fat$.

- **Velocidade** (\vec{v}) - vetor azul claro: velocidade está no mesmo sentido e direção da aceleração.

Posteriormente, um dos blocos é colocado sobre uma superfície horizontal e recebe uma força de rotação como mostrado na Figura 15.

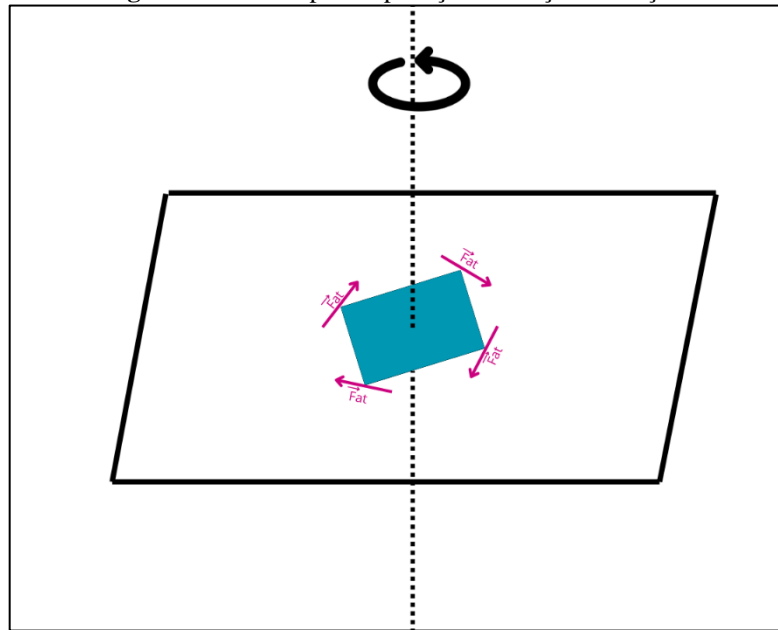
Figura 15. Representação dos vetores de forças atuantes no bloco, no instante em que é aplicada a força de rotação, acompanhada da imagem experimental correspondente.



Fonte: Próprio Autor.

- **Força de ação** (\vec{F}_{ac}) - vetor laranja: Força aplicada para girar o bloco que está sobre uma superfície.
- **Força de atrito** (\vec{F}_{at}) - vetor roxo: Oposta ao sentido do movimento, e contraria a Força de ação.

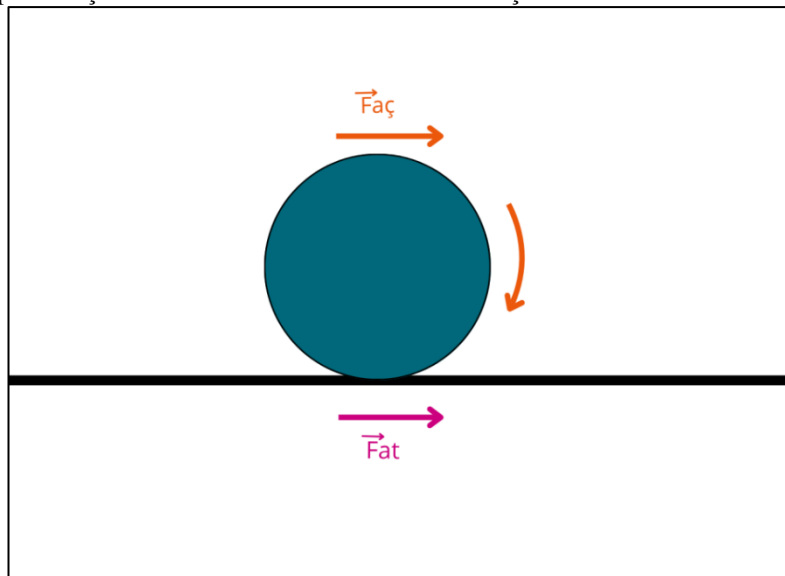
Figura 16. Bloco após a aplicação da força de rotação.



Fonte: Próprio Autor.

Assim que a força de ação deixa de ser aplicada, a força de atrito passa a ser a única atuante, reduzindo progressivamente a velocidade do bloco até que ele pare (Figura 16). A análise mostra que a força líquida horizontal determina a aceleração, e que o atrito sempre atua para resistir a tendência do movimento, dependendo da natureza da superfície e da normal.

Figura 17. Representação do sistema de rolamento como redução do atrito entre os materiais.



Fonte: Próprio Autor.

Na segunda etapa, observamos a rotação do bloco sobre um sistema composto por esferas em rotação. Cada esfera sofre o atrito de rolamento como mostrado na Figura 17.

Essa força atua individualmente sobre cada esfera e pode ser representada pela expressão $f_r = cP$, em que c é o coeficiente de atrito de rolamento e P é a força normal (peso). Como consequência, o movimento de rotação tende a ser desacelerado de maneira discreta por esfera.

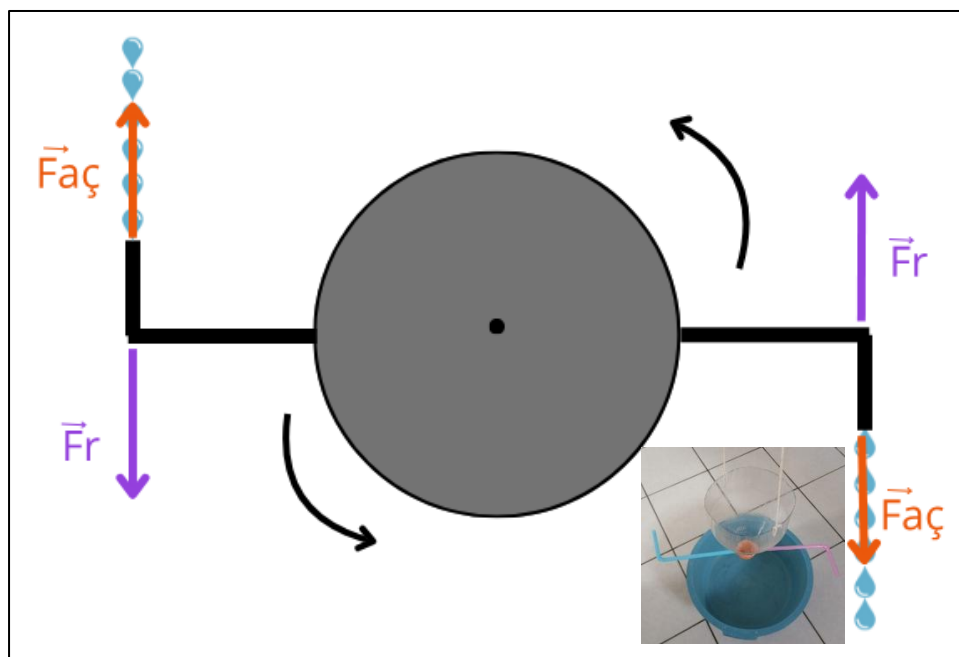
Ademais, as esferas possuem inércia rotacional, o que faz com que sua rotação seja mantida por um tempo, exigindo uma ação contínua do atrito para reduzi-la. Em termos mecânicos, isso equivale a um torque retardador que age sobre cada esfera individualmente.

3.4 Experimento 4 “Tornado de Bacia” - Terceira Lei de Newton (Ação e Reação)

O quarto experimento teve como objetivo demonstrar a Terceira Lei de Newton, utilizando um sistema simples formado por uma garrafa PET cortada ao meio (apenas a parte superior com tampa), dois canudos dobrados em sentidos opostos e um cordão que permitia suspender e permitir a rotação do conjunto. Esse efeito ocorre devido à Terceira Lei de Newton: a ação corresponde à força exercida pela água ao ser expelida, enquanto a reação é a força oposta que a água exerce sobre a estrutura da garrafa, gerando um torque que provoca o movimento rotacional. Esse mesmo princípio é aplicado em dispositivos como foguetes e turbinas, nos quais a ejeção de massa em uma direção produz impulso no sentido contrário.

O sistema em questão (Figura 18) representa o experimento quatro, no momento que a o escoamento da água gerando resultando em movimento rotacional da garrafa.

Figura 18. Esquema ilustração do Experimento TORNADO DE BACIA, destacando os vetores de forças envolvidos no movimento de rotação, acompanhado da imagem experimental.



Fonte: Próprio Autor.

Na representação vetorial do experimento (Figura 18), são indicadas duas forças principais associadas ao escoamento da água pelos canudos:

- **Força de ação ($\vec{F}_{a\grave{c}}$)** - Vetor laranja: Corresponde à força exercida pela água ao ser ejetada através dos canudos. força que a garrafa exerce sobre a água. A água é ejetada pelos canudos com uma certa velocidade e impulso. Isso significa que a garrafa está exercendo uma força na água para empurrá-la para fora. Essa força é à força de ejeção da água.
- **Força de reação (\vec{F}_r)** - Vetor roxo: Trata-se da força de reação ao escoamento, ou seja, a força que a água exerce sobre a estrutura da garrafa como consequência da Terceira Lei de Newton. Essa força atua em sentido oposto à $\vec{F}_{a\grave{c}}$, sendo responsável por gerar o torque que provoca a rotação da garrafa.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um recurso didático que alia experimentos de baixo custo, normalmente apresentados apenas de forma visual, a esquemas vetoriais que representam as forças atuantes. A proposta consistiu em selecionar e adaptar experimentos simples relacionados às três Leis de Newton, registrando-os fotograficamente e complementando-os com representações vetoriais

padronizadas para indicar a direção, sentido e intensidade das forças envolvidas. Ao apresentar essa abordagem, buscou-se oferecer um material que auxilie na compreensão da interação entre as forças, indo além da mera observação qualitativa do fenômeno. A intuição sobre como os vetores estão atuando em cada situação não é algo trivial para os estudantes, e este trabalho procurou apresentar uma forma de facilitar esse entendimento, estruturando os experimentos de modo a destacar visualmente essas relações. Espera-se que o material produzido possa vir a servir como apoio para professores e estudantes no ensino das Leis de Newton, especialmente em contextos escolares com recursos limitados, oferecendo uma alternativa que integre a prática experimental com a análise gráfica e vetorial.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, S. M.; LABURU, C. E. Construção do conhecimento e atividade experimental no ensino de ciências: concepções de professores e implicações para a formação docente. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 15, n. 3, p. 267-288, 1998. Acesso em: 12 mai. 2025.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-189, 2003. Acesso em: 03 mai. 2025.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002. Acesso em: 03 mai. 2025.

BRITO, Carlos. Segunda ley de Newton, experimentó aceleración. [S.l.]: YouTube, 29 nov. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xO8X3RxJS3k>. Acesso em: 10 mai. 2025.

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/bncc>. Acesso em: 10 jun. 2025.

FUN SCIENCE DEMOS. Friction is a Force. [S.l.]: YouTube, 7 nov. 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3nw3-J5pJXg>. Acesso em: 12 mai. 2025.

FREIRE, P. *A pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1997. Acesso em: 13 abr. 2025.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 16, n. 3, p. 267–289, dez. 1999. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7378>. Acesso em: 10 jun. 2025.

GARCÍA, C. M.; CASTRO, A. L. Experimentos de Física no Ensino Médio: potencialidades e desafios. *Revista Eureka*, v. 8, n. 2, p. 213-225, 2011. Acesso em: 03 mai. 2025.

HODSON, D. Re-thinking science education: Developing critical thinking about science. *Teaching Science*, v. 14, n. 3, p. 25-30, 1994. Acesso em: 03 mai. 2025.

LIMA, Íkaro Costa de. O uso de experimentos de baixo custo na primeira série do ensino médio em particular nos conceitos básicos das três leis de Newton. 2015. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Federal do Ceará, Instituto UFC Virtual, Beberibe, 2015.

MORTIMER, E.F. *Concepções alternativas e mudança conceitual*. In: REIS, J. (org.). *Ciência, tecnologia e sociedade: desafios para a educação*. São Paulo: Cortez, 1996. p. 27–43.

OLIVEIRA, R.N. de; LIMA, C.R.S. Dificuldades dos alunos na compreensão de grandezas vetoriais: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 41, n. 4, p. 1–9, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/jYtsvZvjg4BgP7XKjdtGc7y/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

OLIVEIRA, Welton. Experimento de Física – Mecânica (Primeira Lei de Newton). [S.l.]: YouTube, 30 mar. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=hrWCbchT-pk>. Acesso em: 10 mai. 2025.

SILVA, C.H. da; PEREIRA, J.S.; OLIVEIRA, M.V. de. A experimentação como estratégia no ensino das Leis de Newton: uma proposta com materiais acessíveis. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 37, n. 1, p. 85–101, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/123456>. Acesso em: 11 jun. 2025.

VIRTUAL CLUB. Ação e Reação – Terceira Lei de Newton. [S.l.]: YouTube, 02 jun. 2020. Disponível em: www.youtube.com/watch?v=FkR70EAR3qs . Acesso em: 10 mai. 2025.

ZANETIC, João. *O ensino de Física no ensino médio: a dificuldade de mudar velhas práticas*. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 19–33, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6227>. Acesso em: 11 jun. 2025.