

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ
CAMPUS POETA TORQUATO NETO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE FÍSICA

Carlos Renan Campelo Gomes

LEIS DE NEWTON: UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE FÍSICA

A R T I G O

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual do Piauí Campus Poeta Torquato Neto como parte dos requisitos obrigatórios para a obtenção do título de Licenciando em Física.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Janete Batista de Brito

Teresina(PI), Novembro de 2025

LEIS DE NEWTON: UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE FÍSICA

Artigo Científico

Carlos Renan Campelo Gomes[†]

Orientador: Prof.^ª. Dra. Janete Batista de Brito[‡]

[†]*carlosgomes@aluno.uespi.br*, [‡]*janetebrito@ccn.uespi.br*

TCC - Licenciatura em Física - CCN - UESPI | Teresina(PI), Novembro de 2025

Resumo

Este trabalho tem como propósito central desenvolver uma proposta metodológica para o ensino das Leis de Newton, utilizando experimentos de baixo custo facilmente aplicáveis em salas de aula de escolas públicas. A pesquisa busca superar limitações do ensino tradicional de Física, promovendo, assim, uma aprendizagem significativa, tendo como alicerce o interesse e o protagonismo do aluno. Trata-se de uma investigação aplicada, de natureza qualitativa, voltada à elaboração e análise do experimento “Balão-Foguete”, um recurso simples que ilustra de maneira eficaz esses princípios físicos. Para examinar o movimento, empregou-se o software Tracker, ferramenta gratuita de análise e modelagem de vídeos, que possibilitou a coleta de dados de tempo (t) e posição (x). Concluiu-se, portanto, que integrar práticas experimentais acessíveis e metodologias ativas ao uso de tecnologias como o software Tracker é uma estratégia viável e eficaz. Essa abordagem favorece uma compreensão conceitual sólida e estimula o pensamento investigativo, tornando a aprendizagem em Física mais dinâmica, crítica e contextualizada.

Abstract

This work aims to develop a methodological proposal for teaching Newton's Laws, using low-cost experiments easily applicable in public school classrooms. The research seeks to overcome limitations of traditional physics teaching, thus promoting meaningful learning, based on student interest and protagonism. It is an applied, qualitative investigation focused on the elaboration and analysis of the "Balloon-Rocket" experiment, a simple resource that effectively illustrates these physical principles. To examine the movement, the Tracker software, a free video analysis and modeling tool, was used, allowing the collection of time (t) and position (x) data. It was concluded, therefore, that integrating accessible experimental practices and active methodologies with the use of technologies such as the Tracker software is a viable and effective strategy. This approach fosters a solid conceptual understanding and stimulates investigative thinking, making physics learning more dynamic, critical, and contextualized.

Palavras-chave: Leis de Newton, Ensino de Física, Experimentos de Baixo Custo

Keywords: Newton's Laws, Physics Education, Low-Cost Experiments

Sumário

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	O ENSINO DAS LEIS DE NEWTON	4
1.2	METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE FÍSICA	6
1.3	<i>SOFTWARE TRACKER</i>	7
2	OBJETIVOS	8
2.1	Objetivos Gerais	8
2.2	Objetivos Específicos	8
3	METODOLOGIA	8
3.1	Aparato Experimental	8
	Balão-Foguete	8
	Materiais	9
	Montagem	9
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	10
4.1	Análise dos Dados	10
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	12
	REFERÊNCIAS	13

1 INTRODUÇÃO

As Leis de Newton são um dos primeiros tópicos ministrados no 1º ano, sendo um conteúdo fundamental da disciplina de Física no Ensino Médio, que é tradicionalmente abordado de forma predominantemente teórica, com forte ênfase na exposição de fórmulas e conceitos, muitas vezes abstratos. Essa abordagem tradicional, centrada na transmissão de conhecimento pelo professor e na memorização por parte dos alunos, tende a desconsiderar as experiências cotidianas dos estudantes e, conseqüentemente, provoca uma desconexão entre o conteúdo escolar e a realidade dos discentes. Com base nesses fatores é que se desenvolve um relacionamento direto, cuja qualidade pode tornar-se um fator decisivo no processo motivacional dos alunos, contribuindo ou não para o ensino-aprendizagem (FROTA; XEREZ; PARENTE, 2020).

Diante desse cenário, torna-se cada vez mais necessário repensar as estratégias pedagógicas utilizadas no ensino de Física, com o objetivo de torná-lo mais atrativo, acessível e significativo. Nesse contexto, as metodologias ativas de ensino-aprendizagem emergem como alternativas eficazes, ao promoverem maior protagonismo dos estudantes e valorizarem a construção do conhecimento por meio da experiência e da reflexão. Em especial, destaca-se o potencial pedagógico do uso de experimentos didáticos de baixo custo, que permitem aliar a prática à teoria sem a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura, o que os torna especialmente viáveis em escolas públicas e em contextos educacionais com recursos limitados.

As metodologias ativas, nesse sentido, apresentam-se como ferramentas valiosas para a promoção da aprendizagem significativa, uma vez que colocam o aluno no centro do processo educativo, incentivando sua participação, reflexão crítica e envolvimento direto com os conteúdos trabalhados em sala de aula. O uso de experimentos, por sua vez, proporciona uma vivência concreta dos fenômenos físicos, permitindo que os estudantes observem, analisem e discutam os conceitos em ação.

De modo que este trabalho tem como proposta o desenvolvimento e a aplicação de uma atividade experimental acessível, voltada especificamente para o ensino das Leis de Newton no 1º ano do Ensino Médio. A intenção é contribuir para a superação das dificuldades enfrentadas por professores e estudantes na abordagem desse conteúdo, oferecendo uma alternativa prática que estimule o interesse dos alunos e favoreça uma aprendizagem mais profunda e duradoura. O desafio de ensinar as Leis de Newton, conteúdos que envolvem abstrações complexas, exige estratégias pedagógicas que favoreçam o engajamento dos estudantes e a compreensão dos conceitos abordados.

A base teórica desta proposta encontra respaldo nos princípios da aprendizagem significativa, conforme proposto por David Ausubel. Segundo o autor, "a aprendizagem por recepção significativa envolve, principalmente, a aquisição de novos significados a partir de material de aprendizagem apresentado" (AUSUBEL, 2003). Para que esse tipo de aprendizagem ocorra, é essencial que o conteúdo seja potencialmente significativo, isto é, que tenha relevância lógica e psicológica, e que o aluno esteja disposto a estabelecer conexões entre o novo conhecimento e sua estrutura cognitiva pré-existente.

Assim, o presente trabalho visa apresentar uma proposta educacional baseada na utilização de experimentos de baixo custo, inseridos no contexto de uma metodologia ativa de

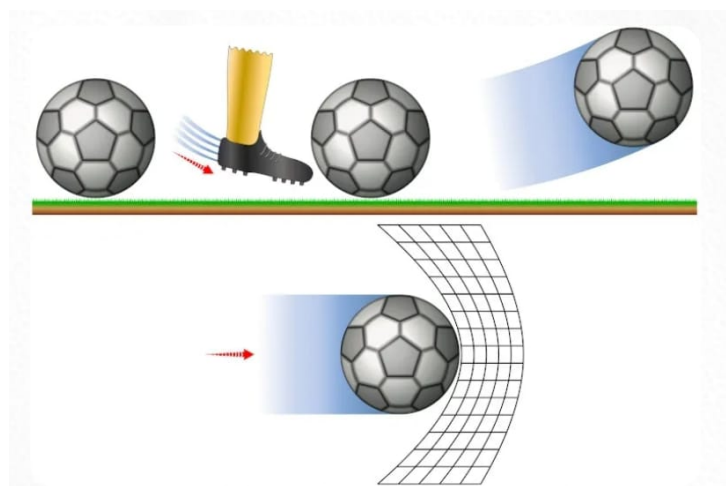
ensino, voltada à facilitação da aprendizagem das Leis de Newton no Ensino Médio.

1.1 O ENSINO DAS LEIS DE NEWTON

As Leis de Newton constituem um dos pilares fundamentais da Física, sendo essenciais para a compreensão dos fenômenos que envolvem o movimento dos corpos. Antes de discutir os desafios presentes em sua abordagem pedagógica no Ensino Médio, é necessário compreender suas definições básicas.

A Primeira Lei de Newton, conhecida como Lei da Inércia, afirma que um corpo tende a manter seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que uma força resultante atue sobre ele. Em outras palavras, “qualquer corpo permanece no estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme se a resultante das forças que atuam sobre esse corpo for nula” (SANTOS; PERIN, 2013).

Figura 1: Representação da Primeira Lei de Newton



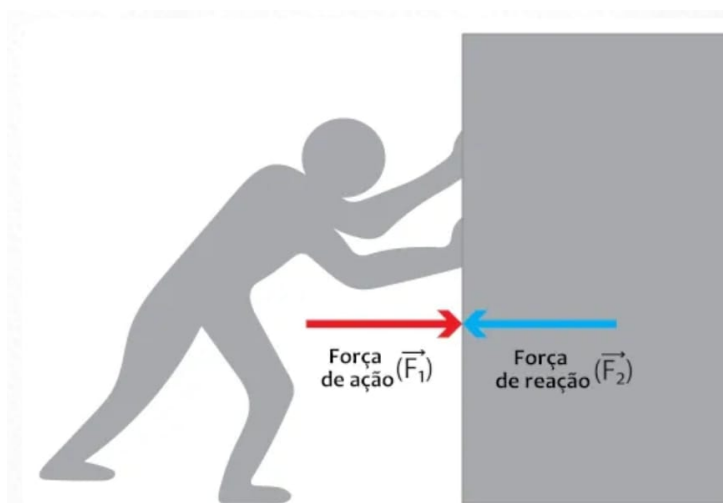
Fonte: (PNGKIT, 2025)

Já a Segunda Lei, ou Princípio Fundamental da Dinâmica, estabelece que a aceleração (a) adquirida por um corpo é diretamente proporcional à força resultante (F_R) aplicada sobre ele, sendo inversamente proporcional à sua massa (m). A representação da análise quantitativa dos movimentos é expressa pela equação $F_R = m * a$ (SANTOS; PERIN, 2013).

Figura 2: Representação da Segunda Lei de Newton

Fonte: (*Toda Matéria*, 2025)

Por fim, a Terceira Lei, conhecida como Lei da Ação e Reação, afirma que "a toda ação corresponde uma reação" (PIETROCOLA et al., 2010). Essa lei é observável em interações cotidianas e experimentais, sendo fundamental para a compreensão de sistemas físicos em equilíbrio ou movimento.

Figura 3: Representação da Terceira Lei de Newton

Fonte: (*Mundo Educação*, 2025)

Apesar de sua relevância e aplicabilidade, o ensino das Leis de Newton ainda enfrenta inúmeros obstáculos no contexto escolar brasileiro. Predomina, nas salas de aula, uma abordagem clássica e conteudista, que valoriza a exposição oral e a resolução de exercícios algébricos, muitas vezes desprovidos de relação com a realidade dos alunos. Esse modelo, que é consolidado historicamente, tem se demonstrado nas últimas décadas um padrão defasado em relação ao desenvolvimento de uma compreensão conceitual significativa e acaba afastando os estudantes da disciplina.

Mesmo após mais de um século da inserção da Física no currículo escolar, a disciplina continua sendo ensinada de forma fragmentada e desvinculada de questões sociais, culturais e

históricas que compõem o universo dos educandos. Como destaca (ROSA; ROSA, 2005), essa abordagem descontextualizada permanece distante do cotidiano escolar, sendo raramente incorporada de forma crítica à prática docente. Isso resulta em um processo de aprendizagem superficial, no qual o aluno ocupa um papel passivo, apenas reproduzindo fórmulas sem compreender seus significados.

Para transformar essa realidade, é necessário superar a lógica da simples transmissão de conteúdo e investir em estratégias pedagógicas que promovam a participação ativa dos estudantes. Nesse sentido, (VERGNAUD, 1989) afirma que o aprendizado torna-se mais eficaz quando os conceitos são trabalhados em situações contextualizadas, que façam sentido para os alunos e estejam conectadas à sua vivência.

Além da contextualização, (AUSUBEL, 2003) ressalta a importância dos conhecimentos prévios para a aprendizagem significativa, destacando que “aquilo que o aluno já sabe” é o fator mais determinante para a assimilação de novos conteúdos. Dessa forma, é fundamental estabelecer conexões entre o conhecimento novo e aquilo que o estudante já domina.

A permanência de uma didática descolada da realidade e pouco interativa compromete não apenas a compreensão das Leis de Newton, mas também o próprio interesse dos estudantes pela Física. É nesse cenário que metodologias ativas e práticas experimentais simples, especialmente de baixo custo, surgem como alternativas promissoras. Ao conectar os conteúdos à experiência concreta dos alunos, essas abordagens favorecem o engajamento, a reflexão e a construção de saberes mais sólidos e duradouros.

1.2 METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE FÍSICA

A prática pedagógica em sala de aula tem passado por transformações significativas, que buscam superar o modelo tradicional de ensino centrado na exposição unilateral do professor. No caso do ensino de Física, essa mudança mostra-se particularmente necessária, uma vez que a disciplina, historicamente, enfrenta desafios como baixos índices de aprendizagem, desmotivação dos estudantes e dificuldades na assimilação de conceitos de natureza abstrata. Nesse contexto, a Base Nacional Comum Curricular enfatiza que a escola deve “garantir o protagonismo dos estudantes em sua aprendizagem e o desenvolvimento de suas capacidades de abstração, reflexão, interpretação, proposição e ação, essenciais à sua autonomia pessoal, profissional, intelectual e política” (BRASIL, 2018). Essa orientação tem relação direta com os princípios das metodologias ativas, que se apresentam como alternativas eficazes ao promoverem a participação direta dos estudantes no processo de construção do conhecimento, tornando o aprendizado mais dinâmico, contextualizado e significativo.

De acordo com (FREIRE, 2014), o professor deve atuar como mediador, envolvendo o aluno no próprio raciocínio e transformando a aula em um espaço de desafio intelectual. Isso exige que o educador compartilhe com os alunos não apenas certezas, mas também dúvidas e caminhos do raciocínio, promovendo uma postura ativa e reflexiva. Essa perspectiva é coerente com os princípios das metodologias ativas, nas quais o aluno deixa de ser mero receptor de informações para se tornar protagonista no processo de aprendizagem.

Uma das estratégias mais promissoras dentro dessa abordagem é o uso de experimentos

de baixo custo, especialmente em escolas que enfrentam limitações estruturais, como a ausência de laboratórios de Ciências. Embora o laboratório de Física seja reconhecido como um recurso essencial, seu uso efetivo ainda encontra barreiras na realidade escolar brasileira. Para Jose Alves Filho, essa importância é tão evidente que poucos professores questionam sua necessidade, mesmo quando o espaço físico ou os recursos materiais são escassos (FILHO, 2000).

Experiências práticas desenvolvidas com criatividade e materiais simples têm se mostrado eficazes na superação dessas limitações. (ALEXANDRE et al., 2020) relata a aplicação de um experimento com um carrinho movido a bexiga, realizado com alunos da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública em Fortaleza/CE. A proposta teve como foco o ensino das Leis de Newton e mostrou-se eficaz ao despertar o interesse dos estudantes, promover sua participação ativa e facilitar a compreensão dos conteúdos. Além disso, evidenciou como a construção do conhecimento pode ocorrer mesmo em contextos com recursos limitados, desde que a metodologia seja adequada.

Outro exemplo relevante é o estudo de (LIMA, 2015), que utilizou um experimento com carrinho e esfera de vidro para demonstrar o princípio da inércia. A atividade favoreceu o entendimento dos conceitos físicos e aumentou significativamente o engajamento dos estudantes, ao relacionar a teoria com situações próximas à realidade dos alunos. A pesquisa destacou que o uso de experimentos simples, quando articulado com uma metodologia ativa, contribui para tornar o ensino de Física mais acessível, atrativo e eficiente.

Essas experiências indicam que a adoção de práticas experimentais acessíveis, aliada à mediação pedagógica centrada na participação e no contexto dos alunos, pode transformar o ensino das Leis de Newton em uma oportunidade concreta de aprendizagem significativa. Ao integrar teoria e prática por meio de atividades investigativas, o professor promove não apenas a compreensão conceitual, mas também a motivação e o interesse dos estudantes pela disciplina.

1.3 SOFTWARE TRACKER

A utilização de experimentos de baixo custo tem se mostrado uma estratégia pedagógica fundamental para a compreensão das Leis de Newton. Nesse contexto, o *software Tracker* (BROWN, 2018) destaca-se como uma ferramenta gratuita de análise e modelagem de vídeos, desenvolvida em estrutura Java pela *Open Source Physics* (OSP). Projetado especificamente para o ensino de Física, o Tracker possibilita através de uma ferramenta de captura de movimento, podendo executar uma captura manual, frame a frame, ou automática, realizada pelo próprio software, com o intuito final de extrair dados e gráficos. Associando propriedades físicas às dinâmicas mecânicas, utilizando eixos de coordenadas de posição que geram informações como velocidade e aceleração, tanto linear quanto angular.

Além disso, o programa permite a análise por meio de assistentes de ajuste com funções genéricas, o que viabiliza a determinação de constantes físicas. Sua interface simples e intuitiva, aliada à relação equilibrada entre limitação e simplicidade, constitui um dos principais fatores que favorecem sua utilização em ambientes educacionais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Apresentar uma proposta metodológica baseada em atividades experimentais de baixo custo, visando a melhoria da aprendizagem das Leis de Newton, aplicável ao ensino médio de escolas públicas.

2.2 Objetivos Específicos

1. Explorar diferenças entre abordagens no ensino tradicional e experimental no contexto das Leis de Newton para estudantes do 1º ano.
2. Analisar a contribuição dos experimentos no ensino-aprendizagem das Leis de Newton.
3. Construir um experimento de baixo custo que tenha como objetivo elucidar de forma clara as três Leis de Newton.
4. Extrair dados relacionados ao experimento, através do software Tracker.
5. Examinar os dados e o gráfico gerado pelo Tracker, com o intuito de obter os conceitos sólidos relacionados as três Leis de Newton.

3 METODOLOGIA

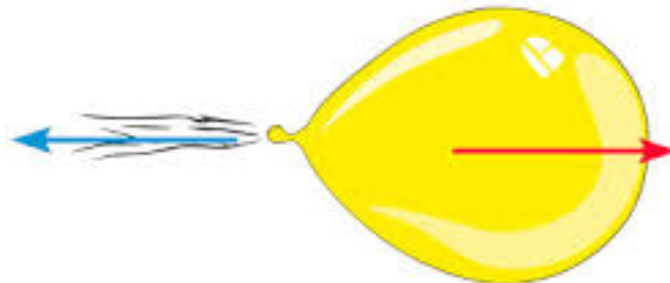
Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza qualitativa, com delineamento exploratório e descritivo. O objetivo central é a elaboração, construção e validação de uma proposta pedagógica baseada em um aparato experimental de baixo custo para o ensino das Leis de Newton no 1º ano do Ensino Médio.

3.1 Aparato Experimental

Balão-Foguete

O experimento consiste em um "Balão-Foguete", que é um aparato simples e de baixo custo, composto por materiais facilmente encontrados em ambientes escolares ou domésticos. O aparato simula situações envolvendo as Leis de Newton, principalmente as que envolvem a Terceira Lei para a demonstração qualitativa da ação e reação.

Figura 4: Ilustração do movimento executado pelo experimento Balão-Foguete



Fonte: (PrePara Enem, 2025)

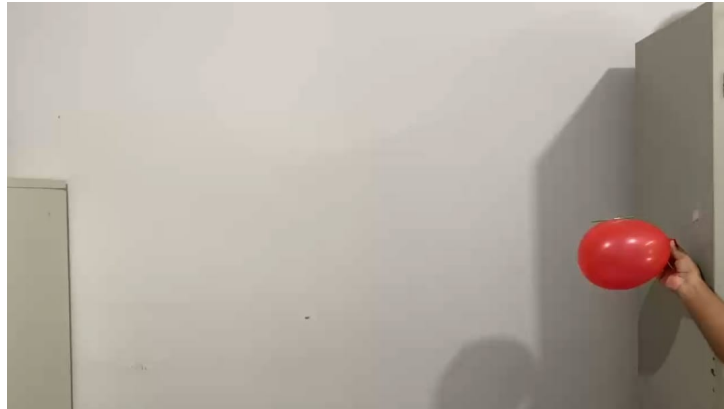
Materiais

Para a construção do aparato experimental Balão-Foguete, foram utilizados materiais de baixo custo, tendo os seguintes materiais:

- Balão inflável de látex
- Dois metros de um fio de barbante
- Uma fita adesiva fina
- Um canudo
- Uma tesoura comum
- Uma câmera de celular

Montagem

O barbante foi esticado entre dois pontos fixos ao longo de dois metros, passando por dentro do canudo. O balão foi inflado, preso ao canudo com fita adesiva e, em seguida, solto. À medida que o ar é expulso do balão para um lado, o balão se desloca no sentido oposto, evidenciando a reação à força de expulsão do ar. Esse movimento representa, de forma direta, o princípio de propulsão de um foguete, tornando-se uma ferramenta eficaz para a visualização e compreensão das Leis de Newton, principalmente a terceira lei (Ação e Reação).

Figura 5: Montagem e Realização do Aparato Experimental

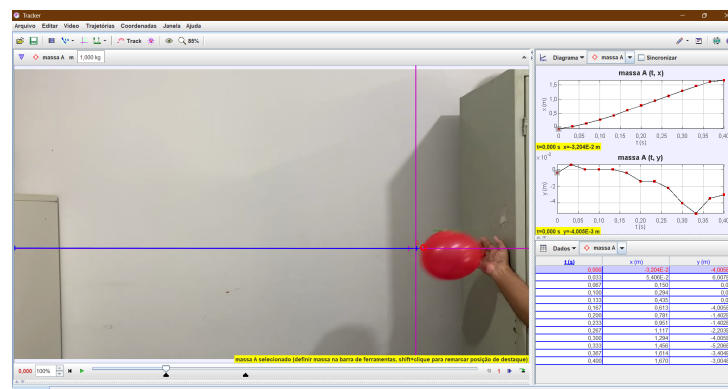
Fonte: (Próprio Autor, 2025)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

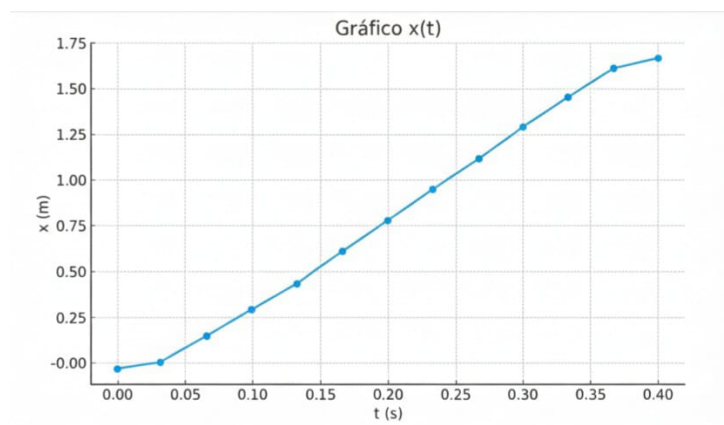
Portanto, este trabalho teve como objetivo investigar o comportamento do experimento apresentado (Balão-Foguete), analisando através do software Tracker o movimento retilíneo de um corpo sob ação de força constante, resultando em uma aceleração. Por meio da coleta de dados de tempo (t) e posição (x), foi possível construir gráficos e ajustar uma equação da posição em função do tempo, a fim de caracterizar quantitativamente o movimento observado.

4.1 Análise dos Dados

Os dados foram coletados através do software Tracker em intervalos regulares de tempo, registrando-se a posição de uma massa em função do tempo. A partir dessas medições, foi construído o gráfico da posição $x(t)$, que apresentou uma curva crescente. Esse formato indica que a posição da massa aumenta de forma não linear com o tempo, o que sugere um aumento contínuo da velocidade, característica de um movimento acelerado. logo após, surge uma redução na inclinação da curva, indicando uma notável diminuição da velocidade, tendo em seu final uma aceleração variável.

Figura 6: Experimento realizado e os dados obtidos através do software Tracker

Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Figura 7: Gráfico da posição em função do tempo

Fonte: (Próprio Autor, 2025)

Analizando o gráfico, pode-se observar claramente através dos resultados obtidos pelo software Tracker, o comportamento das Três Leis de Newton.

A Primeira Lei (Inércia) é expressa a partir do momento inicial, em que a massa (balão-canudo) permanece em repouso até o instante em que o movimento inicia-se efetivamente. A curva ascendente mostrada no gráfico $x(t)$ evidencia que a força passa a atuar, rompendo o estado inercial.

A forma curva do gráfico $x(t)$ e a variação de sua inclinação evidenciam de forma direta a Segunda Lei (Princípio Fundamental da Dinâmica), relacionando a força resultante e a aceleração. No início do movimento, a força exercida pelo ar sendo expulso é maior, produzindo uma aceleração elevada, o que se traduz na concavidade acentuada da curva. Conforme o balão perde pressão, essa força diminui, reduzindo consequentemente a aceleração, o que está evidente na redução da inclinação observada no gráfico. Assim, o comportamento da curva demonstra que a aceleração não é constante, mas varia conforme a força aplicada, como previsto pela fórmula da Segunda Lei $F_R = m \cdot a$.

Por último, todo o comportamento registrado no gráfico tem relação direta com a Terceira Lei (Ação e Reação). Pois o movimento da massa ao longo do fio só ocorre porque ao expulsar ar para trás, o sistema balão-ar produz uma força que impulsiona o conjunto para frente. No gráfico, a diminuição da inclinação da curva evidencia a redução da força de reação, mostrando como a interação ação e reação é demonstrada em todo o experimento.

Esse resultado mostra que o movimento é acelerado, mas com aceleração variável, e que os dados experimentais se ajustam bem ao modelo teórico proposto. No entanto, pequenas discrepâncias podem ocorrer ao longo de todo o movimento realizado pelo experimento devido a fontes de erro, como atrito no sistema, erros de medição de tempo ou posição e possível influência da resistência do ar. Esses fatores podem afetar a exatidão dos coeficientes obtidos, mas não comprometem a validade geral do modelo.

Esse experimento é amplamente empregado no ensino de Física por permitir a observação direta dos princípios que regem o movimento, oferecendo uma aplicação prática das Leis de Newton. Ao analisar o deslocamento do balão ao longo do tempo, torna-se possível compreender como a força exercida pelo ar expelido gera a aceleração do sistema, relacionando ação e

reação, variação de velocidade e comportamento dinâmico. Dessa forma, medições numéricas simples permitem validar os modelos teóricos, determinando grandezas como velocidade inicial e aceleração do aparato experimental, aproximando os estudantes de uma aprendizagem mais concreta, significativa e contextualizada

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresenta uma proposta didática centrada na utilização de experimentos de baixo custo como ferramenta pedagógica para o ensino das Leis de Newton no 1º ano do Ensino Médio. Em um cenário em que o ensino tradicional de Física frequentemente se apoia em abordagens excessivamente abstratas e desconectadas da vivência dos alunos, a proposta mostrou-se não apenas viável, mas também promissora para tornar o aprendizado mais significativo, participativo e acessível, sobretudo em escolas públicas com recursos didáticos limitados.

A aplicação do experimento do 'Balão-Foguete', aliada ao uso do software Tracker para análise de movimento, permitiu uma abordagem concreta e visual dos conceitos físicos envolvidos. A análise dos dados experimentais evidenciou a coerência entre o fenômeno observado e os princípios que cercam as três Leis de Newton, confirmando que experiências simples, podem oferecer resultados conceitualmente robustos e pedagogicamente relevantes.

Mais do que comprovar a eficácia de uma atividade experimental, os resultados apresentados reforçam a importância de metodologias ativas no ensino de Física. O envolvimento direto do aluno na coleta, análise e interpretação dos dados transforma-o em protagonista do processo de aprendizagem, favorecendo a construção de um conhecimento mais duradouro e sólido. Essa experiência prática aproxima o conteúdo científico do cotidiano, estimulando a curiosidade e o pensamento investigativo, desenvolvendo competências essenciais para a formação cidadã e científica.

Assim, conclui-se que estratégias pedagógicas que integram teoria e prática, mesmo com recursos limitados, têm o potencial de reconfigurar a experiência escolar no ensino de Física. Ao tornar a aprendizagem mais conectada com a realidade dos estudantes, e mais sensível aos contextos em que estão inseridos, tais abordagens contribuem não apenas para a melhoria do desempenho acadêmico, mas também para a valorização da ciência como ferramenta de compreensão e transformação do mundo.

Referências

- ALEXANDRE, Natasha Porto et al. Experimento de baixo custo: Alternativa pedagógica no ensino das leis de newton. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e333985772–e333985772, 2020.
- AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. [S.l.]: Lisboa, 2003. v. 1.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília, 2018. Educação é a Base. Versão final homologada em 20 de dezembro de 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 11 out. 2025.
- BROWN, D. **Video analysis and modeling tool**. S.l., 2018. Versão 5.0. 24 p.
- FILHO, Jose de Pinho Alves. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno brasileiro de ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 174–188, 2000.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. [S.l.]: Editora Paz e terra, 2014.
- FROTA, Joseany da Silva; XEREZ, Leonardo Mendes Pereira; PARENTE, Nórliã Nabuco. A motivação e desmotivação no processo de aprendizagem do ensino de física. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 62802–62816, 2020.
- LIMA, Ikaro Costa. O uso de experimentos de baixo custo na primeira série do ensino médio em particular nos conceitos básicos das três leis de newton. 2015.
- Mundo Educação. **Terceira Lei de Newton**. 2025. Acesso em: 02 dez. 2025. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/terceira-lei-newton.htm>.
- PIETROCOLA, Maurício et al. Coleção física em contexto. **São Paulo: Editora FTD**, v. 3, 2010.
- PNGKIT. **Vector Illustration Of Sport Of Soccer Football Player – Cartoon Soccer Player Kicking Ball**. 2025. Disponível em: https://www.pngkit.com/view/u2w7i1r5u2r5r5a9_vector-illustration-of-sport-of-soccer-football-player/. Acesso em: 02 dez. 2025.
- PrePara Enem. **Ilustração do princípio de ação e reação (Terceira Lei de Newton)**. 2025. <https://www.preparaenem.com/enem/terceira-lei-de-newton-no-enem.htm>. Acessado em: 04 dez. 2025.
- ROSA, Cleci Werner da; ROSA, AB Da. Ensino de física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Electrônica de Enseñanza de las ciencias**, v. 4, n. 1, 2005.
- SANTOS, Maria Lucia dos; PERIN, C. Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor pde. **Produção Didático-Pedagógica-Professor PDE. Versão online, Ortigueira**, v. 1, 2013.
- Toda Matéria. **Segunda Lei de Newton**. 2025. Acesso em: 02 dez. 2025. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/segunda-lei-de-newton/>.
- VERGNAUD, Gérard. La théorie des champs conceptuels. **Publications de l'institut de recherche mathématiques de Rennes**, n. S6, p. 47–50, 1989.