

APRIMORANDO A COMPREENSÃO DAS LEIS DE NEWTON POR MEIO DA VIDEOANÁLISE

IMPROVING UNDERSTANDING OF NEWTON'S LAWS THROUGH VIDEO ANALYSIS

MEJORANDO LA COMPRENSIÓN DE LAS LEYES DE NEWTON MEDIANTE EL ANÁLISIS DE VIDEO

Antonio Eduardo Assis Amorim¹, Lília Baptista de Rezende², Alex Pinto de Almeida³, Fernando Henrique Jurado⁴, Felipe Guilherme Alves⁵, Maria Fernanda Zanolli Suriano⁶

DOI: 10.54899/dcs.v22i83.3401

Recibido: 19/09/2025 | Aceptado: 22/09/2025 | Publicación en línea: 06/10/2025.

RESUMO

Este estudo investigou o uso da videoanálise como recurso didático para aprimorar a compreensão das leis de Newton no ensino de Física. Partindo da constatação de que muitos estudantes apresentam dificuldades em conectar os conceitos teóricos a situações práticas e frequentemente cometem equívocos na aplicação das leis do movimento, buscou-se avaliar em que medida a utilização do aplicativo *Tracker* poderia contribuir para superar tais desafios. A metodologia envolveu a construção de um aparato experimental simples e de baixo custo, com registro em vídeo do movimento de um carro em trilho acionado por massas suspensas. Os alunos realizaram a coleta de dados, procederam à calibração, extraíram as grandezas físicas relevantes e analisaram os resultados por meio de ajustes de curvas e interpretação gráfica. Os resultados indicaram que a abordagem promoveu maior engajamento e participação ativa dos estudantes, além de possibilitar a validação empírica da segunda lei de Newton e a discussão fundamentada das demais leis. Constatou-se que a videoanálise favorece o desenvolvimento do raciocínio quantitativo, da capacidade analítica e da alfabetização científica. Conclui-se que essa estratégia representa uma alternativa viável e eficaz para integrar teoria e prática, potencializando a aprendizagem em contextos escolares com recursos limitados.

¹ Doutor em Física, Instituto de Física Teórica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (IFT - UNESP), São Paulo, São Paulo, Brasil. E-mail: aea.amorim@fatec.sp.gov.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9567-2966>

² Doutora em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP - BAURU), Bauru, São Paulo, Brasil. E-mail: liria.rezende@fatec.sp.gov.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5375-4429>

³ Graduando em Tecnologia de Construção Naval, Faculdade de Tecnologia de Jahu (FATEC - JAHU/CPS), Jahu, São Paulo, Brasil. E-mail: alex.almeida15@fatec.sp.gov.br

⁴ Graduando em Tecnologia de Construção Naval, Faculdade de Tecnologia de Jahu (FATEC - JAHU/CPS), Jahu, São Paulo, Brasil. E-mail: fernando.jurado@fatec.sp.gov.br

⁵ Graduando em Tecnologia de Construção Naval, Faculdade de Tecnologia de Jahu (FATEC - JAHU/CPS), Jahu, São Paulo, Brasil. E-mail: felipe.alves34@fatec.sp.gov.br

⁶ Graduando em Tecnologia de Construção Naval, Faculdade de Tecnologia de Jahu (FATEC - JAHU/CPS), Jahu, São Paulo, Brasil. E-mail: maria.suriano@fatec.sp.gov.br

Palavras-chave: Ensino de Física. Leis de Newton. Videoanálise. Aprendizagem Ativa. Tracker.

ABSTRACT

This study explores the use of video analysis as a didactic resource to enhance students' understanding of Newton's laws in Physics education. Many learners struggle to connect theoretical concepts with practical situations and frequently make mistakes when applying the laws of motion. To address these challenges, we investigated the potential of the Tracker software to foster conceptual comprehension. A simple, low-cost experimental apparatus was built, consisting of a cart on a track driven by suspended masses, whose motion was recorded and analyzed. Students conducted data collection, calibration, and extraction of relevant physical quantities, followed by curve fitting and graphical interpretation. The results showed that the activity promoted higher levels of engagement and active participation, while also enabling the empirical validation of Newton's second law and encouraging critical discussion of the other two laws. Moreover, video analysis was found to support the development of quantitative reasoning, analytical skills, and scientific literacy. These findings suggest that integrating video analysis into Physics teaching represents a feasible and effective approach to bridging theory and practice, particularly in educational contexts with limited resources.

Keywords: Physics Teaching. Newton's Laws. Video Analysis. Active Learning. Tracker.

RESUMEN

Este estudio investigó el uso del análisis de video como recurso didáctico para mejorar la comprensión de las leyes de *Newton* en la enseñanza de la Física. A partir de la constatación de que muchos estudiantes presentan dificultades para conectar los conceptos teóricos con situaciones prácticas y, con frecuencia, cometen errores en la aplicación de las leyes del movimiento, la investigación buscó evaluar en qué medida la utilización de la aplicación Tracker podría contribuir a superar tales desafíos. La metodología consistió en la construcción de un aparato experimental simple y de bajo costo, con registros en video del movimiento de un carro en un riel accionado por masas suspendidas. Los estudiantes realizaron la recolección de datos, efectuaron la calibración, extrajeron las magnitudes físicas relevantes y analizaron los resultados mediante ajustes de curvas e interpretación gráfica. Los hallazgos indicaron que este enfoque promovió una mayor participación y compromiso activo de los estudiantes, además de posibilitar la validación empírica de la segunda ley de Newton y la discusión fundamentada de las demás leyes. Se constató que el análisis de video favorece el desarrollo del razonamiento cuantitativo, la capacidad analítica y la alfabetización científica. Se concluye que esta estrategia constituye una alternativa viable y eficaz para integrar teoría y práctica, potenciando el aprendizaje en contextos escolares con recursos limitados.

Palabras clave: Enseñanza de la Física. Leyes de Newton. Análisis de Video. Aprendizaje Activo. Tracker.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

As leis do movimento de Newton constituem a base da mecânica clássica, oferecendo a estrutura essencial para compreender a relação entre movimento e forças. Nos livros didáticos, essas leis geralmente aparecem de forma segmentada, acompanhadas de exemplos e exercícios, o que fornece uma compreensão teórica inicial.

Apesar disso, muitos estudantes apresentam dificuldades em conectar tais conceitos a situações práticas, o que compromete a resolução de problemas básicos. Essa limitação está ligada à interpretação inadequada do significado das leis e à dificuldade em transferir o conhecimento teórico para o mundo real.

Além da abordagem dos livros, fatores como metodologia de ensino e uso restrito de recursos didáticos reforçam a distância entre teoria e prática. Frequentemente, as aulas ocorrem apenas em sala, sem apoio de laboratórios de Física ou informática.

O formato tradicional de ensino favorece a passividade: o professor expõe a teoria, resolve exercícios, e os alunos assumem postura receptiva, limitando-se a copiar e memorizar. Como muitos conciliam estudo e trabalho, com pouco tempo disponível, a assimilação dos conceitos torna-se ainda mais difícil.

A apresentação sequencial das três leis também pode acentuar os equívocos. A primeira lei define a inércia, a segunda estabelece a relação entre força, massa e aceleração, e a terceira aborda ação e reação. Contudo, a ausência de experimentação prática torna a compreensão fragmentada, levando a concepções equivocadas.

Diversos estudos propõem estratégias didáticas alternativas para enfrentar esses desafios. Nesse contexto, a videoanálise surge como recurso de baixo custo e fácil acesso, capaz de integrar observação empírica, coleta de dados e raciocínio quantitativo.

Nesse artigo tem por objetivo analisar em que medida uma sequência didática em que os alunos filmam um ensaio com o celular e utilizam o aplicativo *Tracker*⁷ para extrair informações pode favorecer a compreensão das leis de Newton. A proposta busca estimular a aprendizagem ativa, permitindo que os estudantes planejem, calibrem, ajustem curvas e extraiam relações físicas a partir dos dados obtidos.

⁷<https://opensourcephysics.github.io/tracker-website/>

REFERENCIAL TEÓRICO

Em 1687, Newton publicou o trabalho relacionado com as leis da dinâmica no seu trabalho “*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*”. Esse trabalho define a quantidade de movimento, força e enuncia as três leis do movimento: lei da inércia, lei da dinâmica e lei da ação-reação.

Quando as leis de Newton são apresentadas aos alunos no curso de graduação, elas são frequentemente vistas como claras e de fácil compreensão. No entanto, ao tentar resolver problemas, os alunos enfrentam dificuldades relacionadas a uma compreensão superficial ou fragmentada desses conceitos. A natureza teórica das leis dificulta a conexão com experiências tangíveis do mundo real. Mesmo com exemplos práticos, muitos alunos têm dificuldades em aplicar corretamente as forças nas situações propostas, principalmente porque os conceitos envolvidos exigem uma visualização dinâmica e uma compreensão mais profunda das variáveis físicas (Rusilowati *et al.*, 2021).

Suwasono *et al.* (2023) mostram em seus estudo que os equívocos são maiores entre estudantes com menor exposição ao ensino de física. À medida que os alunos progridem em sua educação, o número de equívocos tende a diminuir. Williams (1999) aponta que as dificuldades dos alunos na introdução à física decorrem da complexidade da linguagem e do vocabulário técnico, que pode ser confuso por ter significados distintos na física e no cotidiano. A solução sugerida é fornecer definições claras e envolver os alunos em atividades práticas para reforçar a compreensão.

Silva (2023) observa que os livros didáticos frequentemente falham em conectar as leis de Newton às aplicações do mundo real, dificultando a compreensão. Diagramas, ilustrações e discussões de situações cotidianas são sugeridos como métodos para melhorar essa conexão entre teoria e prática. Santos e Silva (2021) sugere relacionar a física aos fenômenos cotidianos.

Serhane *et al.* (2023) e Low e Wilson (2017) relatam que muitos alunos confundem as forças. Bao e Fritchman (2021) recomendam que os docentes trabalhem mais as forças como interações, o que pode esclarecer essas confusões. Serhane *et al.* (2020) destacam, ainda, que a confusão entre forças reais e fictícias, especialmente em movimento circular, pode complicar o entendimento dos alunos.

A adoção de novas abordagens pedagógicas, como o uso de tecnologia educacional e atividades práticas, pode transformar a dinâmica da sala de aula, criando um ambiente mais

interativo e permitindo que os alunos experimentem conceitos em tempo real, promovendo uma compreensão mais profunda (Gates, 2014). Há diversas soluções sugeridas por diversos estudiosos, incluindo Low e Wilson (2017) e Silva (2023), sobre a adoção de uma aprendizagem contextual e a utilização de atividades práticas que reforcem a compreensão das leis de Newton. Aini *et al.* (2021) propõem que o ensino das leis de Newton feito de forma integrada, mostrando suas inter-relações, pode melhorar significativamente a compreensão dos alunos e sua capacidade de resolver problemas.

Coletta *et al.* (2019) e Kekule (2022) concluem que a inclusão de demonstrações práticas e experimentos simples pode ser uma estratégia eficaz para superar as dificuldades dos alunos, permitindo-lhes observar as leis de Newton em ação e entender sua aplicação no cotidiano.

As ferramentas interativas de multimídia são eficazes para a construção do conhecimento (Wiratama, 2023). Parno *et al.* (2021) observaram que a implementação do modelo de Investigação Baseada em Argumentos (ADI) melhora significativamente a compreensão conceitual dos alunos, pois estimula o pensamento crítico e a aplicação das leis de Newton em diferentes contextos. Haugland (2019) sugere que atividades cotidianas, como o uso de elásticos ou molas, podem ajudar os alunos a visualizar a relação entre força e aceleração.

AlArabi *et al.* (2022) demonstraram que simulações computacionais melhoram a compreensão dos alunos ao fornecer representações visuais dinâmicas da segunda lei de Newton. Laws *et al.* (2017) utilizaram vinhetas de vídeo interativas (IVV) para incentivar os alunos a fazer previsões e analisar os resultados, promovendo o aprendizado ativo. Corten-Gualtieri *et al.* (2016) mostraram que projetos colaborativos, como a criação de vídeos, ajudam os alunos a transitar de concepções ingênuas para uma compreensão mais precisa da mecânica newtoniana.

O uso da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) reduz significativamente os equívocos ao integrar problemas contextuais ao processo de aprendizagem, alcançando uma redução de 69,28% nos equívocos (Suwasono *et al.*, 2023). A natureza interativa do PBL permite que os alunos confrontem e resolvam seus equívocos por meio da interação entre colegas e da investigação guiada (Engelman; Koenig, 2018). O PBL pode ser adaptado para direcionar equívocos específicos identificados na compreensão dos alunos sobre as leis de Newton. Identificar o conhecimento prévio dos alunos é crucial para lidar com equívocos (Mustofa *et al.*, 2024). Contudo, mesmo com o PBL, alguns alunos ainda podem ter dificuldades com conceitos fundamentais, necessitando de estratégias de ensino adicionais para garantir uma compreensão abrangente (Serhane *et al.*, 2020).

A implementação de materiais de baixo custo para experimentos pode aumentar a acessibilidade e o engajamento, melhorando os resultados de aprendizagem significativos por meio de aulas contextualizadas e experimentais (Alexandre *et al.*, 2020; Kekule, 2022).

Contribuições Educacionais com a Videoanálise

A análise de vídeo surgiu como uma ferramenta poderosa no cenário educacional, oferecendo uma abordagem dinâmica que pode ajudar a entender as leis de Newton.

Ao capturar movimentos da vida real e permitir um exame detalhado, a análise de vídeo oferece vários benefícios. Por exemplo, a análise de vídeo pode ilustrar os efeitos de diferentes forças agindo sobre um objeto, demonstrando as leis de Newton em ação. Os alunos podem observar e analisar o movimento de uma forma que torne os conceitos abstratos mais concretos. Essas representações visuais ajudam os alunos a desenvolver uma compreensão mais profunda e intuitiva dos princípios físicos, facilitando a aplicação desses conceitos em contextos do dia a dia.

O envolvimento com vídeos incentiva a participação ativa, pois os alunos podem manipular variáveis, medir distâncias e calcular velocidades, promovendo uma compreensão mais profunda dos princípios envolvidos. Esse método de ensino também pode ser complementado com discussões em grupo, onde os alunos compartilham suas observações e percepções, reforçando o aprendizado colaborativo e a troca de ideias.

Esse enfoque não apenas enriquece a experiência de aprendizado, mas também prepara os alunos para resolver problemas complexos e aplicá-los em situações práticas do cotidiano.

A análise de vídeo pode melhorar significativamente a compreensão dos alunos sobre as leis de Newton, fornecendo representações visuais e interativas de conceitos físicos complexos. Esse método aborda equívocos comuns e facilita uma compreensão mais profunda da dinâmica por meio de aplicações práticas. Compreensão conceitual por meio da análise de movimento de vídeo.

A análise de vídeo permite que os alunos observem o movimento em tempo real, facilitando uma melhor compreensão de conceitos e tenham ganhos significativos de aprendizado no conhecimento conceitual em comparação com os métodos tradicionais (Anisofira *et al.*, 2017; Jesus, 2017; Becker; Klein; Kuhn, 2019). Pesquisas indicam que estudantes que usam ferramentas de análise de vídeo têm melhor desempenho na interpretação de gráficos cinemáticos em comparação com os métodos tradicionais (Beichner, 1996).

Foi demonstrado que essa abordagem mudam os conceitos errôneos dos alunos sobre as leis de Newton por meio de uma estrutura estruturada de obter, confrontar, resolver e refletir (Engelman; Koenig, 2018). Essa abordagem incentiva o engajamento ativo, permitindo que os alunos enfrentem seus mal-entendidos e desenvolvam concepções precisas das leis. Ele corrige equívocos, conforme demonstrado em estudos em que os alunos melhoraram suas estimativas das distâncias de frenagem do carro após assistirem a análises de vídeo (Hockicko; Trpišová; Ondruš, 2014).

METODOLOGIA

Para o ensaio usou-se de um suporte metálico, três roldanas de plástico, fio, pesos diversos, régua de plástico, um carro plástico, balança, tripé e um celular. O suporte metálico pode ser substituído por estrutura de madeira ou até de papelão rígido.

Um arranjo com um pequeno carro de plástico, preso a um fio e que passa por polias, na qual no extremo da outra ponta está preso um pequeno peso, como mostra a Figura 1.

Figura 1. Aparato para o estudo das leis de Newton.



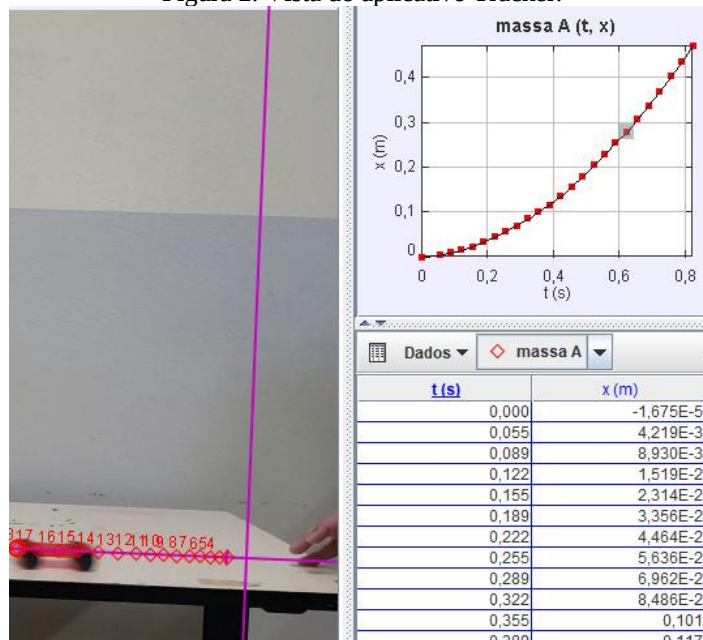
Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma balança é utilizada para medir a massa do carro, assim como de pequenos pesos que podem ser adicionados ao veículo. Ao liberar o veículo, o peso do outro lado da polia exerce uma

força que provoca o movimento do carro.

Um celular é montado em um tripé de forma a permitir a gravação do movimento do carro. O vídeo é então analisado no aplicativo *Tracker* que permite analisar o ajuste de curva em função dos dados extraídos do vídeo. Trata-se de um aplicativo gratuito. A sua funcionalidade envolve as seguintes tarefas: O vídeo gravado é transferido ao computador e inserido no aplicativo. Em seguida, deve-se definir a cena inicial e final de análise. Na sequência deve-se efetuar a calibração, por meio do bastão de medição, usando a régua que aparece no cenário. Depois o aluno deve identificar um ponto de referência, sendo no aplicativo identificado como ponto de massa, na extremidade do carro. Em seguida, busca-se as demais imagens equivalentes. O aplicativo faz uma comparação da imagem de referência escolhida pelo usuário, com as demais cenas da filmagem, identificando a posição do veículo. Tomando por base, a primeira cena, deve-se inserir o sistema de referência coincidindo a origem com a posição inicial do carro, alinhando o eixo do sistema de referência com a direção do movimento do carro. A Figura 2 tem-se parte da imagem do aplicativo com a imagem processada, o gráfico do movimento e o conjunto dos dados.

Figura 2. Vista do aplicativo Tracker.



Fonte: Elaborado pelos autores.

À esquerda tem-se o vídeo com a identificação da posição do carro ao longo do tempo. À direita, na parte superior, o gráfico da posição pelo tempo e abaixo os dados

Ao clicar duas vezes sobre o gráfico, pode-se extrair mais informações do gráfico. Uma

das abas permite analisar o gráfico, escolhendo o melhor ajuste da curva.

Como o movimento do carro está atrelado ao movimento de queda de um objeto, escolhe-se o ajuste de curva parabólico.

As atividades a serem executadas pelos alunos é obter a equação de movimento do carro pelo *Tracker*, derivar duas vezes a expressão para obter a aceleração do carro. Em seguida, os dados da massa do carro com o peso e a aceleração são lançados em uma planilha e é gerado um gráfico, na qual na abscissa são colocados os valores da massa e na ordenada os valores da aceleração. Em seguida os alunos devem inserir uma linha de tendência para encontrar a relação entre a aceleração e a massa.

Para interpretar o ajuste, foi considerado o modelo de força efetiva aproximadamente constante (sistema tipo Atwood com polias ideais e atrito desprezível). Nessas condições, a aceleração do carro obedece aproximadamente a $a = Km^{-n}$, na qual m é a massa total do carro (com pesos) e n é um expoente a ser estimado empiricamente. Graficamente, isto pode ser encontrado analisando a declividade no gráfico $\ln(a) = \ln(k) - n\ln(m)$.

Para apurar o aprendizado, foi aplicado um questionário de múltipla escolha aos alunos contendo sete questões. Dezoito alunos que participam da disciplina participaram da pesquisa. São alunos do Curso Superior de Tecnologia em Construção Naval, sendo quatorze do sexo masculino e quatro do sexo feminino. Embora a amostragem é pequena, ela permite inferir algumas percepções sobre o uso do *Tracker*.

A participação dos estudantes nesta atividade ocorreu de forma voluntária, no contexto regular da disciplina, sem qualquer risco adicional ao processo de ensino. Não foram coletados dados pessoais de identificação, apenas as respostas anônimas ao questionário e os resultados obtidos nos ensaios experimentais. Dessa forma, o estudo está em conformidade com os princípios éticos da pesquisa em educação, respeitando a privacidade dos participantes e garantindo que a atividade tivesse finalidade exclusivamente pedagógica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela abaixo mostra os valores da massa do carro sem peso extra e com o peso extra. Foram gerados 8 vídeos e cada aluno fez a análise de forma individual, embora pudesse interagir com o docente e com os seus colegas.

A diferença de valores entre os alunos se deve a forma como é posicionado o sistema de

referência, o bastão de calibração e a forma como é processada a imagem, fazendo a comparação da imagem referência com as demais imagens.

Na Tabela 1 são mostrados os valores da massa e da aceleração obtido por cada aluno.

Tabela 1 - Na coluna da esquerda está o valor da massa objeto+carro. Na coluna da direita, o valor médio e o desvio padrão da média das acelerações do carro obtido por meio do aplicativo Tracker.

0,000	0,000	σ_n
0,016	1,268	0,000
0,039	0,694	0,002
0,062	0,457	0,001
0,085	0,314	0,005
0,089	0,298	0,000
0,112	0,224	0,001
0,135	0,169	0,001
0,162	0,125	0,000

Fonte: Elaborado pelos autores.

A primeira discussão feita com os alunos é a situação inicial na qual o carro está preso ao barbante e ao mesmo tempo a pessoa precisa segurá-la para evitar o seu movimento. Ao soltar o carro, os alunos percebem que o movimento varia, pois o peso na outra extremidade do fio puxa o carro. Mas ao segurar o carro com o dedo, se anula essa força, e não há movimento.

Aqui cabe um ponto importante na discussão com os alunos. Os alunos perceberam que a presença da força fez o carro se movimentar. Foi feita uma observação no significado do movimentar, pois pode gerar o conceito errado de que para ter movimento, é preciso ter força e, na verdade, é a mudança no movimento do carro que está associada a presença da força. Portanto, o docente mostrou duas situações, carro preso com o dedo, que implica estar parado e o carro liberado, a qual começa a se movimentar, aumentando continuamente de velocidade.

A segunda discussão é extraída observando os dados da Tabela 1. Quanto maior a massa presente no carro, menor é a aceleração. A questão passa a ser a relação entre as grandezas físicas. Outra discussão feita e observada pelos alunos é a dispersão dos dados obtidos por cada um. Nesse sentido foi feita uma breve explicação sobre a variação das leituras, o valor médio e o desvio padrão da média.

Considerando que a expressão da força possa ser escrita em uma forma geral, do tipo

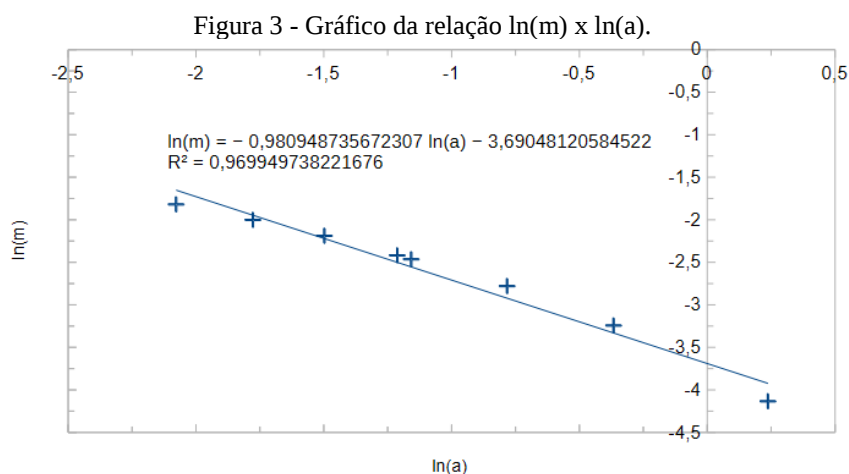
$$F = ma^n \quad (1)$$

na qual n é um índice a ser determinado. A expressão para ser aplicada graficamente pode

ser colocada na forma

$$\ln(m) = \ln(F) - n\ln(a), \quad (2)$$

e, por meio da interpolação linear, encontrar o valor de n . A Figura 3 mostra o valor do coeficiente $n \approx 0,9809$, com um coeficiente de determinação $R^2 \approx 0,9699$, mostrando que os resíduos não têm tendência sistemática visível. Tendo em vista que os equipamentos empregados são de baixo custo, e de fácil acesso, tem-se que o valor de n é bem próximo de 1, o que permite aos alunos obterem a segunda lei de Newton, por meio de um ensaio simples e fácil de reproduzir em sala de aula, como atestam os trabalhos de Asissosfira *et al.* (2017) e de Martín-Ramos, Gomes e Silva (2018).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados coletados pelos alunos permitem uma participação ativa na aula, pois eles precisam montar a estrutura para o ensaio, fazer análise crítica dos resultados, a identificação de padrões e tendências nos resultados obtidos, como destacado pelos trabalhos de diversos autores (Corten-gualtieri *et al.*, 2016; Engelman; Koenig, 2018; Laws *et al.*, 2017; Suwasono *et al.*, 2023).

Observa-se uma pequena variação de valores obtidos pelos alunos. Fez a discussão com os alunos para entender porque os valores são diferentes, já que é a interferência humana no ensaio. A vantagem desta discussão é que promove uma compreensão mais profunda dos conceitos envolvidos, permitindo aos alunos explorar as razões por trás das discrepâncias e reforçar o aprendizado colaborativo.

A discussão sobre a terceira lei é bem visual, mostrando que o peso puxa o carro e o carro puxa o barbante, mostrando que são forças iguais em valor, mas opostas em direção, aplicadas em corpos diferentes.

A primeira questão do formulário perguntava se o uso do aplicativo *Tracker* ajudou na compreensão das leis de Newton e 72% responderam que sim. Na questão seguinte, 94% dos alunos disseram que tiveram aula de física no ensino médio. A terceira questão, indagava a percepção obtida durante os ensaios, sobre a primeira lei, chamada lei da inércia. Foram dadas duas opções:

- a) se não há forças presentes o movimento é constante;
- b) se não há forças presentes, o movimento varia.

94% dos alunos responderam de forma correta. A quarta questão abordava a percepção da aplicabilidade das leis de Newton, fornecendo as seguintes alternativas:

- a) a segunda lei de Newton independe do referencial, se é inercial ou não;
- b) a segunda lei de Newton depende do referencial, se é inercial ou não.

84% dos alunos acertaram a resposta. O assunto foi discutido em sala de aula, mas o ensaio não abordou especificamente o tópico, mostrando a necessidade de se elaborar um ensaio, colocando o sistema de referência no objeto em movimento para identificar a estrutura das equações. Ainda nessa linha de raciocínio, a quinta questão informa que se um observador faz o ensaio na qual suspende um objeto prendendo-o a um fio. Ele pode dizer que:

- a) Se o fio tiver uma inclinação com a vertical, ele é um referencial inercial;
- b) Se o fio tiver uma inclinação com a vertical, ele é um referencial não inercial.

44% dos alunos acertaram a questão, mostrando a necessidade de se abordar de forma mais adequada a primeira lei de Newton.

A sexta questão informa que a segunda lei de Newton diz que $F=ma$. No ensaio, prendeu-se um peso na extremidade do fio, e que puxava um carro com vários pesos. A dedução da expressão foi feita graficamente, usando o *Tracker*, que permitia extrair a informação $x(t)$ de carro. Por meio de derivadas se obtinha a aceleração. A análise dos dados foi feita graficamente, verificando a relação entre a aceleração e a massa do carro. 94% dos alunos disseram que o ensaio ajudou a entender a segunda lei de Newton.

A última questão buscava verificar se houve uma clara compreensão da terceira lei. Era informado que o ensaio tinha na extremidade do cabo um peso. Na outra extremidade do cabo estava o carro. Foram dadas as seguintes opções:

- a) o peso age no conjunto cabo-carro puxando. Como reação, o conjunto cabo-carro puxa o peso;
- b) o peso age no conjunto cabo-carro puxando. Como reação, o conjunto cabo-carro não puxa o peso, pois apenas a gravidade age no peso.

83% dos alunos acertaram a resposta.

CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que o uso da videoanálise, por meio do aplicativo *Tracker*, constitui uma estratégia didática eficaz para aprimorar a compreensão das leis de Newton em contexto educacional. A experiência permitiu que os alunos participassem ativamente do processo de investigação científica, desde a coleta de dados até a análise crítica dos resultados, favorecendo a aprendizagem significativa e a superação de equívocos conceituais comuns.

Os resultados mostraram que, mesmo com materiais de baixo custo e acessíveis, é possível reproduzir experimentalmente a relação entre força, massa e aceleração, aproximando a prática escolar dos métodos científicos. A observação direta do movimento, aliada ao tratamento quantitativo dos dados, possibilitou aos estudantes validar a segunda lei de Newton de maneira prática, além de discutir de forma mais profunda os princípios da inércia e da ação-reação. Contudo, ainda é preciso dar destaque na relação da primeira lei de Newton e o conceito de referencial inercial e não inercial. Uma ideia é usar o mesmo ensaio e colocar dois referenciais, um fixo na mesa e outro fixo no peso que está caindo. O aluno então obterá a aceleração do carro para os dois referenciais e perceberá a diferença de valores. Nesse momento cabe a discussão entre referencial inercial e não inercial.

Embora a amostra tenha sido composta por apenas dezoito alunos, trata-se de um número representativo dentro da turma em que a atividade foi aplicada. Em pesquisas de caráter exploratório no campo da educação em Ciências, especialmente em contextos de sala de aula, amostras reduzidas são comuns e aceitas, pois permitem observar tendências e levantar evidências preliminares sobre a eficácia da metodologia adotada. Ressalta-se, contudo, que os resultados não devem ser generalizados para toda a população estudantil, mas sim interpretados como indicativos do potencial da videoanálise como recurso didático. Estudos futuros, com amostras mais amplas e diversificadas, poderão consolidar e ampliar a robustez dos achados.

Do ponto de vista pedagógico, a abordagem contribuiu não apenas para a consolidação de conceitos físicos, mas também para o desenvolvimento de competências como raciocínio quantitativo, pensamento analítico e trabalho colaborativo. Além disso, o método mostrou-se capaz de estimular a curiosidade científica e engajar os estudantes em atividades experimentais, ampliando o alcance da aprendizagem em ambientes com restrições de infraestrutura laboratorial.

Conclui-se, portanto, que a integração da videoanálise ao ensino de física é uma alternativa viável e promissora para fortalecer a compreensão das leis de Newton e, mais amplamente, para fomentar a alfabetização científica. Recomenda-se a continuidade de investigações nesse campo, com a aplicação da metodologia em diferentes contextos escolares e a comparação de seus efeitos em relação a abordagens tradicionais, de modo a ampliar a robustez dos resultados e orientar práticas pedagógicas inovadoras.

REFERÊNCIAS

AINI, F. N.; SUTOPO; SUYUDI, A. Teaching integrated Newton's laws of motion for high school students. In: **THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND SCIENCE EDUCATION (ICOMSE) 2020: INNOVATIVE RESEARCH IN SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION IN THE DISRUPTIVE ERA**. 2020, Malang, Indonesia. Anais. Malang, Indonesia, 2021 Disponível em: <<https://pubs.aip.org/aip/acp/article/837323>>. Acesso em: 3 abr. 2025.

ALARABI, K.; TAIRAB, H.; WARDAT, Y.; BELBASE, S.; ALABIDI, S. Enhancing the learning of newton's second law of motion using computer simulations. **Journal of Baltic Science Education**, [s. l.], v. 21, n. 6, p. 946–966, 2022. Disponível em: <<http://www.scientiasocialis.lt/jbse/?q=node/1231>>. Acesso em: 3 abr. 2025.

ALEXANDRE, N. P.; ROMEU, M. C.; ALMEIDA, A. C. F. D.; SILVA, G. K.; SANTOS, A. C. S. D. Experimento de Baixo Custo: Alternativa pedagógica no ensino das leis de Newton. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 9, n. 8, p. e333985772, 2020. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5772>>. Acesso em: 9 set. 2025.

ALS MUSTOFA, H.; SANDANADAS, E.; MOHTAR, L. E.; FARESTA, R. A. Identifying Student Prior-Knowledge and Conceptual Changes Profile on Newton Law Using by using POE (Predict, Observe, and Explain) as Probing Understanding Strategy. **Journal of Science and Mathematics Letters**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 80–91, 2024. Disponível em: <<https://ejournal.upsi.edu.my/index.php/JSML/article/view/8616/4859>>. Acesso em: 9 set. 2025.

ANISSOFIRA, A.; LATIEF, F. D. E.; KHOLIDA, L.; SINAGA, P. Newton's Cradle Experiment Using Video Tracking Analysis with Multiple Representation Approach. **Journal of Physics: Conference Series**, [s. l.], v. 895, p. 012107, 2017. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/895/1/012107>>. Acesso em: 9 set. 2025.

BAO, L.; FRITCHMAN, J. C. **Development of a Conceptual Framework for Knowledge**

Integration in Learning Newton's Third Law, arXiv, 2021. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2104.05944>>. Acesso em: 2 abr. 2025.

BECKER, S.; KLEIN, P.; KUHN, J. Promoting Students' Conceptual Knowledge using Video Analysis on Tablet Computers. In: **PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE 2018**, Washington, DC. Anais. American Association of Physics Teachers, 2019. Disponível em: <<https://www.compadre.org/per/items/detail.cfm?ID=14762>>. Acesso em: 15 set. 2025.

BEICHNER, R. J. The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. **American Journal of Physics**, [s. l.], v. 64, n. 10, p. 1272–1277, 1996. Disponível em: <<https://pubs.aip.org/ajp/article/64/10/1272/529107/The-impact-of-video-motion-analysis-on-kinematics>>. Acesso em: 15 set. 2025.

COLETTA, V. P.; BERNARDIN, J.; PASCOE, D.; HOEMKE, A. Feeling Newton's Second Law. **The Physics Teacher**, [s. l.], v. 57, n. 2, p. 88–90, 2019. Disponível em: <<https://pubs.aip.org/pte/article/57/2/88/362074/Feeling-Newton-s-Second-Law>>. Acesso em: 15 set. 2025.

CORTEN-GUALTIERI, P.; RITTER, C.; PLUMAT, J.; KEUNINGS, R.; LEBRUN, M.; RAUCENT, B. Having students create short video clips to help transition from naïve conceptions about mechanics to true Newtonian physics. **European Journal of Engineering Education**, [s. l.], v. 41, n. 4, p. 438–454, 2016. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03043797.2015.1095157>>. Acesso em: 3 abr. 2025.

DE JESUS, V. L. B. Inertia by Video Analysis. Em: DE JESUS, V. L. B. (Ed.). **Experiments and Video Analysis in Classical Mechanics**. Undergraduate Lecture Notes in Physics Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 1–11.

ENGELMAN, J.; KOENIG, K. M. Changing Student Conceptions of Newton's Laws Using Interactive Video Vignettes. In: **PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE PROCEEDINGS**. 2017, Cincinnati, OH. Anais. American Association of Physics Teachers, 2018. Disponível em: <<https://www.compadre.org/per/items/detail.cfm?ID=14585>>. Acesso em: 9 set. 2025.

GATES, J. Experimentally Building a Qualitative Understanding of Newton's Second Law. **The Physics Teacher**, [s. l.], v. 52, n. 9, p. 542–545, 2014. Disponível em: <<https://pubs.aip.org/pte/article/52/9/542/277190/Experimentally-Building-a-Qualitative>>. Acesso em: 15 set. 2025.

HAUGLAND, O. A. Newton's Second Law to Go. **The Physics Teacher**, [s. l.], v. 57, n. 2, p. 86–87, 2019. Disponível em: <<https://pubs.aip.org/pte/article/57/2/86/362106/Newton-s-Second-Law-to-Go>>. Acesso em: 3 abr. 2025.

HOCKICKO, P.; TRPIŠOVÁ, B.; ONDRUŠ, J. Correcting Students' Misconceptions about Automobile Braking Distances and Video Analysis Using Interactive Program Tracker. **Journal of Science Education and Technology**, [s. l.], v. 23, n. 6, p. 763–776, 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10956-014-9510-z>>. Acesso em: 15 set. 2025.

KEKULE, T. Poggendorff's Scales—Demonstration of Newton's Laws in a Less Traditional Way. **The Physics Teacher**, [s. l.], v. 60, n. 9, p. 759–761, 2022. Disponível em: <<https://pubs.aip.org/pte/article/60/9/759/2848384/Poggendorff-s-Scales-Demonstration-of-Newton-s>>. Acesso em: 9 set. 2025.

LAWS, P. W.; TEESE, R. B.; JACKSON, D. P.; WILLIS, M. C.; KOENIG, K. Using Online Interactive Physics-based Video Analysis Exercises to Enhance Learning. **Scientia in education**, [s. l.], v. 8, 2017. Disponível em: <<https://ojs.cuni.cz/scied/article/view/747>>. Acesso em: 3 abr. 2025.

LOW, D.; WILSON, K. Weight, the Normal force and Newton's Third Law: dislodging a deeply embedded misconception. **Teaching Science: the Journal of the Australian Science Teachers Association**, [s. l.], v. 63, n. 2, 2017. . Acesso em: 1 abr. 2025.

MARTÍN-RAMOS, P.; GOMES, M. S. M. N. F.; SILVA, M. R. Newton's cradle: a smartphone-based video analysis approach. In: **TEEM' 18: PROCEEDINGS OF THE SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON TECHNOLOGICAL ECOSYSTEMS FOR ENHANCING MULTICULTURALITY**. Salamanca Spain. Anais. ACM, 2018. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3284179.3284195>>. Acesso em: 9 set. 2025.

PARNO; MUFIDAH, J.; DIANTORO, M.; ALI, M. Building conceptual understanding of students on laws of Newton through argument-driven inquiry. In: **THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND SCIENCE EDUCATION (ICOMSE) 2020: INNOVATIVE RESEARCH IN SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION IN THE DISRUPTIVE ERA**. 2020, Malang, Indonesia. Anais. 2021 Disponível em: <<https://pubs.aip.org/aip/acp/article/836769>>. Acesso em: 3 abr. 2025.

RUSILOWATI, A.; SUSANTI, R.; SULISTYANINGSING, T.; ASIH, T. S. N.; FIONA, E.; ARYANI, A. Identify misconception with multiple choice three tier diagnostik test on newton law material. **Journal of Physics: Conference Series**, [s. l.], v. 1918, n. 5, p. 052058, 2021. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1918/5/052058>>. Acesso em: 15 set. 2025.

SANTOS, A. M. D.; SILVA, J. S. D. A segunda Lei de Newton: teoria versus aplicação no cotidiano. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. e1321025727, 2021. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5727>>. Acesso em: 15 set. 2025.

SERHANE, A.; DEBIACHE, M.; BOUDHAR, K.; ZEGHDAOUI, A. Difficulties Facing Students in Transition to Newtonian Viewpoint: Newton's Third Law Case. **Science Journal of Education**, [s. l.], 2023. Disponível em: <<http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo?journalid=197&doi=10.11648/j.sje.du.20231101.17>>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SERHANE, A.; DEBIECHE, M.; KARIMA, B.; ZEGHDAOUI, A. Overcoming University Students' Alternative Conceptions in Newtonian Mechanics. **American Journal of Networks and Communications**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 22, 2020. Disponível em: <<http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo?journalid=132&doi=10.11648/j.aj>>

nc.20200902.12>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SILVA, B. G. D. Sequência didática estruturada nos três momentos pedagógicos: leis de Newton. **Revista Científica Semana Acadêmica**, [s. l.], v. 11, n. 230, p. 1–14, 2023.

Disponível em:

<https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/59_bruno_sequencia_didatica_estruturada_no_tres_momentos_pedagogicos-_leis_de_newton_1.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2025.

SUWASONO, P.; PRAMONO, N. A.; HANDAYANTO, S. K.; SANISO, E. Misconceptions reduction of Newton's laws through contextualization of problems in PBL. In: **THE 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND SCIENCE EDUCATION (ICOMSE) 2021: SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION RESEARCH: CURRENT CHALLENGES AND OPPORTUNITIES**. 2021, Malang, Indonesia. Anais. 2023. Disponível em: <<https://pubs.aip.org/aip/acp/article/2869636>>. Acesso em: 2 abr. 2025.

WILLIAMS, H. T. Semantics in teaching introductory physics. **American Journal of Physics**, [s. l.], v. 67, n. 8, p. 670–680, 1999. Disponível em:

<<https://pubs.aip.org/ajp/article/67/8/670/1043265/Semantics-in-teaching-introductory-physics>>. Acesso em: 31 mar. 2025.

WIRATAMA, A. Physics learning media using adobe flash cs6 to remediate students' misconceptions on newton's law materials. **Physics and Science Education Journal (PSEJ)**, [s. l.], p. 132–139, 2023. Disponível em: <<https://e-journal.lp2m.uinjambi.ac.id/ojp/index.php/psej/article/view/1651>>. Acesso em: 9 set. 2025.