Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

ANÁLISE DOS MOVIMENTOS DE QUEDA LIVRE E LANÇAMENTO OBLÍQUO: UMA SIMULAÇÃO COM O *TRACKER* PARA O ESTUDO DE FUNÇÕES NA 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

ANALYSIS OF FREE FALL AND PROJECTILE MOTION: A SIMULATION WITH TRACKER FOR THE STUDY OF FUNCTIONS IN THE 1st YEAR OF HIGH SCHOOL

Antonio Marcos de Lima Miranda
Mestrando, Instituto Federal do Piauí – Piauí, Brasil
E-mail: marcosipaporanga@gmail.com

Antonio Ribeiro Silva Neto
Mestrando, Instituto Federal do Piauí – Piauí, Brasil
E-mail: ribe007@gmail.com

Niltomar da Costa Moura
Mestrando, Instituto Federal do Piauí – Piauí, Brasil
E-mail: ptofnil2017@gmail.com

Ezequias Matos Esteves
Doutor, Instituto Federal do Piauí – Piauí, Brasil
E-mail: ezequias@ifpi.edu.br

Ronaldo Campelo da Costa
Doutor, Instituto Federal do Piauí – Piauí, Brasil
E-mail: ronaldocampelo@ifpi.edu.br

Recebido: 01/06/2025 – Aceito:14/06/2025

Resumo

Este artigo apresenta uma proposta de ensino interdisciplinar que relaciona os conteúdos de Física e Matemática por meio do uso do *software Tracker*, visando a compreensão dos movimentos de queda livre e lançamento oblíquo associados ao estudo da função quadrática. A pesquisa foi aplicada com alunos da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública do município de Boqueirão-PI, com abordagem qualitativa e quantitativa. Foram realizados pré-teste e pós-teste para avaliar os conhecimentos dos alunos, além de atividades práticas com videoanálise e questionário de percepção. Os resultados evidenciam avanços na aprendizagem dos estudantes na relação entre conceitos matemáticos e físicos, como o vértice da parábola e a trajetória dos corpos em movimento. A utilização do Tracker contribuiu para a aprendizagem, despertando o interesse dos alunos e facilitando o desenvolvimento de habilidades investigativas. Conclui-se que o uso de recursos tecnológicos no ensino de funções, aliado à modelagem matemática e à prática interdisciplinar, torna-

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

se um fator potencializador no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Função quadrática; Queda livre; Lançamento oblíquo; Interdisciplinaridade; *Tracker*.

Abstract

This article presents an interdisciplinary teaching proposal that connects the contents of Physics and Mathematics through the use of the Tracker software, aiming to understand the motions of free fall and projectile launch associated with the study of quadratic functions. The research was conducted with students from the 1st year of high school at a public school in the municipality of Boqueirão-PI, using both qualitative and quantitative approaches. Pre-tests and post-tests were carried out to assess students' knowledge, along with practical activities involving video analysis and a perception questionnaire. The results show progress in students' learning regarding the relationship between mathematical and physical concepts, such as the vertex of a parabola and the trajectory of moving bodies. The use of Tracker contributed to learning by arousing students' interest and facilitating the development of investigative skills. It is concluded that the use of technological resources in the teaching of functions, combined with mathematical modeling and interdisciplinary practice, becomes a potential enhancer in the teaching-learning process.

Keywords: Quadratic function; Free fall; Projectile motion; Interdisciplinarity; *Tracker*.

1. Introdução

No Ensino Médio o estudo de funções em matemática constitui um desafio para os alunos, especialmente quando trata do estudo da função quadrática. Contudo, trata-se de um objeto do conhecimento que frequentemente apresenta dificuldades de compreensão por uma boa parte dos alunos, principalmente quando é estudado de forma descontextualizada. O estudo dos movimentos mesmo sendo um pilar da física clássica, permite a compreensão de modelos matemáticos que descreve o comportamento de corpos. Dentre esses a queda livre e o lançamento oblíquo destacam-se por fornecer ferramentas precisas para modelar e analisar tais movimentos relacionando-os com a função quadrática.

De acordo com os as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) propõe que,

> O estudo das funções permite ao aluno adquirir a linguagem algébrica como a linguagem das ciências, necessária para expressar a relação entre grandezas e modelar situações-problema, construindo modelos descritivos de fenômenos e permitindo várias conexões dentro e fora da própria matemática. Assim, a ênfase do estudo das diferentes funções deve estar no conceito de função e em suas propriedades em relação às operações, na interpretação de seus gráficos e nas aplicações dessas funções (Brasil, 2002, p. 121).

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

Portanto, essa proposta é suporte para o professor expressar suas ideias diante da condução da aprendizagem dos alunos. Em sala de aula é perceptível que ao estudar funções nem sempre se garante uma aprendizagem significativa, pois a maioria dos alunos apresentam dificuldades nos conceitos e em relacionar a vida cotidiana. Isso nos leva a refletir que essa abordagem deve ser conduzida de maneira prática e minuciosa para a construção do conhecimento e o desenvolvimento cognitivo.

Contudo na construção do conhecimento a interdisciplinaridade constitui-se como ferramenta capaz de dar um novo olhar ao professor em relação a sua didática, essa temática permitirá a circulação de conceitos e esquemas cógnitos que darão mais sentido a aprendizagem. Segundo Fazenda (2008),

> O primeiro passo para a aquisição conceitual interdisciplinar seria o abandono das posições acadêmicas prepotentes, unidirecionais e não rigorosas que fatalmente são restritivas, primitivas e "tacanhas", impeditivas de aberturas novas, camisas-de-força que acabam por restringir alguns olhares, tachando-os de menores. (Fazenda, 2008, p. 13)

Nesse sentido, ainda de acordo com Fazenda (2008) complementa que, “exercitar nossa vontade para um olhar mais comprometido e atento às práticas pedagógicas rotineiras menos pretensiosas e arrogantes em que a educação se exerce com competência”, com isso precisamos mudar a postura de que só conceitos matemáticos darão conta para aprendizagem dos alunos, incluindo metodologias inovadoras, com o intuito de formular o conhecimento necessário.

Este trabalho teve por objetivo como objetivo geral investigar como o uso de experimentos práticos com análise em vídeo pode contribuir para o ensino de funções quadráticas e conceitos de cinemática, comparando os resultados teóricos com os dados experimentais obtidos. Para isso como objetivos específicos, aplicar software Tracker para analisar os movimentos do tiro livre e da queda livre, relacionar a trajetória da bola com gráficos de funções quadráticas e funções horárias do movimento retilíneo uniformemente acelerado, desenvolver habilidades investigativas e tecnológicas nos alunos e trabalhar de forma interdisciplinar os conteúdos de Matemática e Física.

Esta pesquisa justifica-se por aliar o ensino de Matemática à Física por meio de experimentos com situações reais vivenciadas por alunos: o tiro livre de uma bola

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

de futebol e a queda livre de uma bola de uma escada. Ambas as situações permitem a construção e análise de gráficos que representam movimentos parabólicos (arremesso livre) e retilíneos uniformemente acelerados (queda livre), facilitando a visualização de conceitos como gráfico, vértice, concavidade, aceleração e velocidade.

A intenção desse trabalho foi aplicar uma sequência didática com alunos da 1ª série de uma escola de Ensino Médio do município de Boqueirão-PI. A proposta didática foi de maneira relevante para o processo de ensino-aprendizagem, no início foram apresentadas questões com os principais conceitos de queda livre e lançamento obliquo relacionando ao estudo de funções, diante disso foi aplicado aos estudantes em um pré-teste antes da aplicação do "*Tracker*" na análise dos movimentos e em um pós-teste a fim de avaliar a aprendizagem do aluno.

2. Revisão da Literatura

A fundamentação teórica deste trabalho perpassa três eixos principais: a descrição física e matemática dos movimentos de queda livre e lançamento oblíquo, o papel das funções matemáticas na modelagem desses fenômenos e o uso de tecnologias de videoanálise, como o Tracker, no ensino de física.

O estudo da queda dos corpos remonta à antiguidade, com as primeiras concepções aristotélicas. Contudo, foi Galileu Galilei quem, através de experimentação e análise criteriosa, estabeleceu as bases para a compreensão moderna da queda livre (Halliday, Resnick, & Walker, 2016). Desprezando a resistência do ar, um corpo em queda livre próximo à superfície da Terra experimenta uma aceleração constante, denominada aceleração da gravidade (g), cujo valor médio é de aproximadamente 9,8 m/s². As equações que descrevem o movimento de queda livre, considerando o lançamento vertical para baixo ou o abandono de uma altura h com velocidade inicial v_0y, são derivadas do Movimento Uniformemente Variado (MUV).

- Função horaria da velocidade: $v_y(t) = v_0 + gt$
- Função horaria da posição: $y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2$

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

- Equação de Torricelli: $v_y{}^2 = v_{0y}{}^2 + 2g\Delta y$

O lançamento oblíquo ocorre quando um objeto é lançado com uma velocidade inicial v_0 que forma um ângulo θ (diferente de 0° e 90°) com a horizontal (Tipler & Mosca, 2009). Este movimento bidimensional pode ser decomposto em dois movimentos independentes:

Movimento horizontal: É o movimento Uniforme (MU). A função horária é: x(t) = x_0 + ($v_0 cos\theta$)t. Esta é uma função linear do tempo.

Movimento vertical: É um movimento Uniformemente Variado (MUV). As funções horárias são:

- Velocidade: v_y(t) = ($v_0$senθ) – gt
- Posição: y(t) = y_0 + ($v_0$senθ)t - $\frac{1}{2}gt^2$. Esta é uma função quadrática do tempo.

A função quadrática (ou função polinomial do 2º grau) como objeto do conhecimento e fundamental da Matemática, com ampla aplicação em diversas áreas, neste trabalho a esta tem o papel de representar os movimentos queda livre e lançamento oblíquo. Sua representação algébrica é dada por:

$$f(x) = ax^2 + bx + c, onde\ a \neq 0. \quad (1)$$

A função quadrática é caracterizada por seu gráfico em forma de parábola, cuja concavidade depende do coeficiente a:

- Se a>0, a parábola tem concavidade voltada para cima (mínimo no vértice).
- Se a< 0, a parábola tem concavidade voltada para baixo (máximo no vértice).

O vértice da parábola, ponto de máximo ou mínimo, é calculado por:

$$V\left(-\frac{b}{2a}, -\frac{\Delta}{4a}\right), onde\ \Delta = b^2 - 4ac \quad (2)$$

As raízes (ou zeros) da função são encontradas resolvendo a equação $ax^2 + bx + c = 0$, utilizando a Fórmula de *Bhaskara*:

$$x = -\frac{b \pm \sqrt{\Delta}}{2a} \quad (3)$$

O discriminante (Δ) determina a natureza das raízes:

- Δ > 0: Duas raízes reais e distintas.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

- $\Delta=0$: Uma raiz real dupla.
- $\Delta<0$: Nenhuma raiz real (raízes complexas).

Para o ensino de função quadrática a modelagem é essencial principalmente aliada a fenômenos físicos. Na área de matemática as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) trazem em suas estratégias para enfrentamento de uma situação problemas, o seguinte fato:

> Frente a uma situação ou problema, reconhecer a sua natureza e situar o objeto de estudo dentro dos diferentes campos da Matemática, ou seja, decidir-se pela utilização das formas algébrica, numérica, geométrica, combinatória ou estatística. Por exemplo, para calcular distâncias ou efetuar medições em sólidos, utilizar conceitos e procedimentos de geometria e medidas, enquanto para analisar a relação entre espaço e tempo no movimento de um objeto, optar pelo recurso algébrico das funções e suas representações gráficas. (Brasil, 2002, p. 115).

Essa sugestão nos remete a estudos em relacionar a função quadrática aos movimentos da física, podendo compreender a teoria e sua aplicação na resolução de problemas. De acordo como Bassanesi (2002), o objetivo fundamental do “uso” de matemática é de fato extrair a parte essencial da situação-problema e formalizá-la em um contexto abstrato onde o pensamento possa ser absorvido com uma extraordinária economia de linguagem.

Para essa aprendizagem ser mais significativa o grande pilar é o uso da modelagem matemática que neste caso o modelo vai ser aplicado ao experimento real do aluno, fazendo este a criar e explicar seu próprio modelo.

Na resolução de uma situação problema ainda para Bassanesi,

> O modelo matemático é obtido quando se substitui a linguagem natural das hipóteses por uma linguagem matemática coerente– e como num dicionário, a linguagem matemática admite “sinónimos” que traduzem os diferentes graus de sofisticação da linguagem natural. (Bassanesi, 2002, p.29)

Quando se trata de modelar fenômenos Bassanesi (2002), ainda comenta que na resolução de um modelo está sempre vinculada ao grau de complexidade empregado em sua formulação e muitas vezes só pode ser viabilizada através de métodos computacionais, dando uma solução numérica aproximada.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

A Base Nacional comum curricular (BNCC, 2018) traz na habilidade *EM13MAT302, o seguinte trecho: "*Construir modelos empregando as funções polinomiais de 1º ou 2º graus, para resolver problemas em contextos diversos, com ou sem apoio de tecnologias digitais", em outras palavras *esse objetivo de aprendizagem induz tanto a construção de modelos matemáticos como o incentivo a utilização de recursos digitais.*

Neste sentido, o *software Tracker* surge a como uma ferramenta capaz de desmitificar certas complexibilidades, transformando a ação do movimento em vídeo descrevendo de maneira empolgante a situação matemática exposta. Como sabemos o Tracker é um *software* de aquisição gratuita de aplicação gráfica em *Java*, pois usa função é a analisar vídeos a partir de conceitos físicos e tem vasta aplicação no ensino de física e agora também em matemática.

Nessa perspectiva, o uso dos recursos computacionais incorporado a uma estratégia de resolução de problemas pode contribuir positivamente para o ensino de ciências, quando este é abordado de maneira interdisciplinar, visto que, um ensino interdisciplinar pode ser facilmente explorado quando há a formulação de um problema.

> Essa articulação interdisciplinar, promovida por um aprendizado com contexto, não deve ser vista como um produto suplementar a ser oferecido eventualmente se der tempo, porque sem ela o conhecimento desenvolvido pelo aluno estará fragmentado e será ineficaz. (Brasil, 2002, p. 31).

Dessa forma, a prática pedagógica em questão promove um desafio muitas vezes desprezado, mas deve ser bem tratada com um olhar analítico. Para Fazenda (2008), um olhar interdisciplinarmente atento recupera a magia das práticas, a essência de seus movimentos, mas, sobretudo, induz-nos a outras superações, ou mesmo reformulações.

Diante disso não o professor tende a incluir cada vez a tecnologia em sala de aula, para Maltempi (2008), toda inserção de tecnologia no ambiente de ensino e aprendizagem requer um repensar da prática docente, pois ela não é neutra e transforma a relação ensino-aprendizagem. Com isso o programa Tracker facilitará a compreensão de muitos conceitos matemáticos e físicos, pois a aprendizagem não está só ligada a utilização do software, mas principalmente ao objetivo do conhecimento em questão.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

Ainda para Maltempi sobre o trabalho com projetos usando as tecnologias,

> "é importante o professor não perder de vista seu compromisso em aprofundar os conteúdos específicos. De certa forma isso é paradoxal, pois ao se trabalhar com projetos abre-se a possibilidade de o aluno enveredar por temas imprevistos, por vezes difíceis de serem relacionados com os conteúdos específicos de interesse da disciplina". (Maltempi, 2008, p. 63)

Portanto, pretende-se impactar o aluno de maneira que esse possa realizar uma aprendizagem significativa, levando em conta os seus fatores próprios na construção do conhecimento. Segundo Ausubel,

> A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideia simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não-literal) e não arbitrária ao aprendiz já sabe, ou seja, algum aspecto de sua estrutura cognitiva especialmente elevando para a aprendizagem dessas ideias. (Ausubel, 1978, p. 41)

Isso nos remete a entender que esse processo de aprendizagem parte do que o aluno já sabe, e assim vá assimilando as ideias e construindo sua parte cognitiva. Então, a inserção de recursos tecnológicos aliados ao ensino funciona como um fator preponderante para sua participação no processo de ensino-aprendizagem, pois tecnologia está inserida na realidade de todos, e nesse caso aproximando matemática a realidade dos estudantes.

3. Metodologia

Essa pesquisa foi realizada com o objetivo de analisar a efetividade do uso do *software Tracker* no ensino dos movimentos de queda livre e lançamento oblíquo, articulando esses conceitos físicos com o estudo de funções do 2º grau. Para isso, adotou-se uma abordagem metodológica de natureza qualitativa e quantitativa, com caráter intervencionista e experimental, realizada em ambiente escolar.

A intervenção pedagógica foi realizada com uma turma de 1ª Série do Ensino Médio de uma escola situada na cidade de Boqueirão, Piauí, composta por 25 alunos regularmente matriculados. A escolha da turma se deu por conveniência, local de trabalho de um dos pesquisadores, e por apresentarem dificuldades nos conteúdos em questão, sendo considerados apenas os alunos que consentiram em participar da pesquisa. A identidade dos participantes foi preservada de acordo com as

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

diretrizes éticas da pesquisa educacional.

Antecedendo a intervenção com o aplicativo Tracker, foi aplicado um *pré-teste* (Instrumento 1) com o objetivo de diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a relação entre queda livre, lançamento oblíquo e função do 2º grau. O teste foi dividido em duas partes: *Parte A* – Questões Objetivas e *Parte B* – Questões Discursivas e de Cálculo.

A *Parte A* consistia em quatro questões de múltipla escolha, abordando:

- A forma da equação da altura de um objeto lançado verticalmente para cima (função quadrática com concavidade para baixo).
- O gráfico da posição vertical de um corpo em queda livre (uma parábola).
- Cálculo do tempo de queda de uma bola solta de uma altura de 20m, desprezando a resistência do ar, utilizando $g=9,8\ m/s^2$.
- Cálculo do tempo para atingir a altura máxima a partir de uma função $h(t)=-4,9t^2 + 9,8t$.

A *Parte B* – Questões Discursivas e de Cálculo do incluiu:

- Uma questão que abordava o lançamento vertical para cima de uma pedra com velocidade inicial de 14,7 m/s, solicitando a determinação da função altura h(t) em relação ao tempo, a altura máxima atingida e o tempo total de subida e descida até retornar ao solo.
- Uma questão sobre a trajetória vertical de uma bola descrita pela função $h(t)=-5t^2+ 20t$. Esta questão solicitava aos alunos que determinassem a altura máxima, o instante em que ela é atingida, o tempo total de retorno ao solo e que fizessem um esboço do gráfico da função.
- Uma questão conceitual que pedia para relacionar a fórmula da altura de um corpo em queda livre com a função do 2º grau e explicar o que representam os coeficientes a, b e c no contexto do movimento.

Essa etapa do *pré-teste* permitiu identificar os conhecimentos prévios dos alunos, servindo como uma referência fundamental para a análise posterior dos avanços alcançados após a intervenção didática.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

Aplicado após a conclusão da sequência didática, o *pós-teste* teve como objetivo avaliar a aprendizagem dos alunos e o reforço da relação entre os conceitos físicos e a função quadrática. Este instrumento manteve a mesma estrutura e formato do *pré-teste*, sendo também dividido em *Parte A – Questões objetivas* e *Parte B – Questões discursivas e de cálculo*. As questões abordaram os mesmos tópicos centrais, porém, com variações nos dados numéricos e nos cenários específicos em algumas questões. É importante lembrar que não houve a devolutiva do pré-teste aos alunos para garantir que eles não decorassem as resoluções para não influenciar no pós-teste.

Também foi aplicado um questionário de percepção Composto por perguntas fechadas e abertas, este questionário foi aplicado ao final da experiência com o intuito de identificar a percepção dos estudantes quanto à utilização do software Tracker, o nível de interesse despertado e a clareza na compreensão dos conceitos.

Durante toda a pesquisa houve uma observação direta pelo pesquisador com o intuito de registrar o nível de engajamento, as dificuldades encontradas pelos alunos e as interações durante o uso do *software.*

A análise quantitativa foi realizada por meio da comparação dos percentuais de acertos nos testes diagnósticos, enquanto a análise qualitativa foi orientada pela técnica de análise de conteúdo, com foco nas evidências de aprendizagem e percepção dos alunos sobre a experiência.

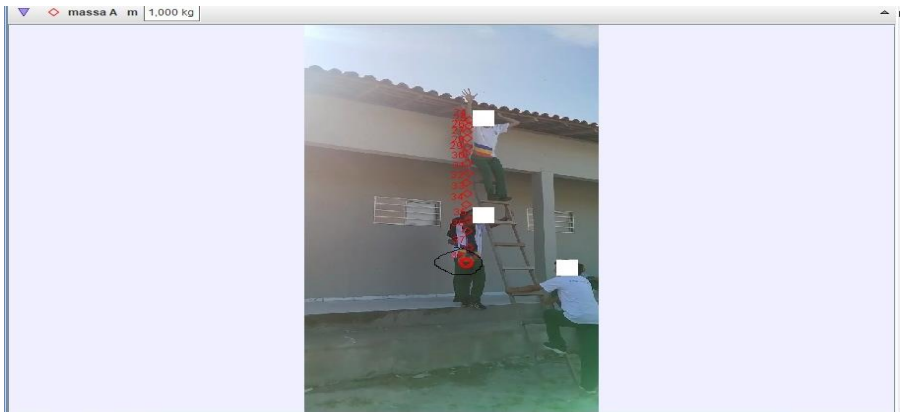
A sequência didática contou com três momentos principais:

1. **Aula expositiva dialogada**: os conceitos físicos envolvidos nos movimentos verticais foram retomados, com ênfase nas equações do movimento uniformemente variado e suas representações gráficas. Simultaneamente, foram exploradas as características da função quadrática, relacionando sua forma algébrica com os gráficos esperados.
2. **Oficina com uso do software Tracker**: os vídeos foram gravados pelos próprios alunos, representando situações de queda livre e lançamento oblíquo. Após a gravação os vídeos foram editados com o uso do software Tracker para serem analisados posteriormente.
3. **Análise prática com vídeos reais**: os estudantes analisaram vídeos previamente gravados representando situações de queda livre — uma bola

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

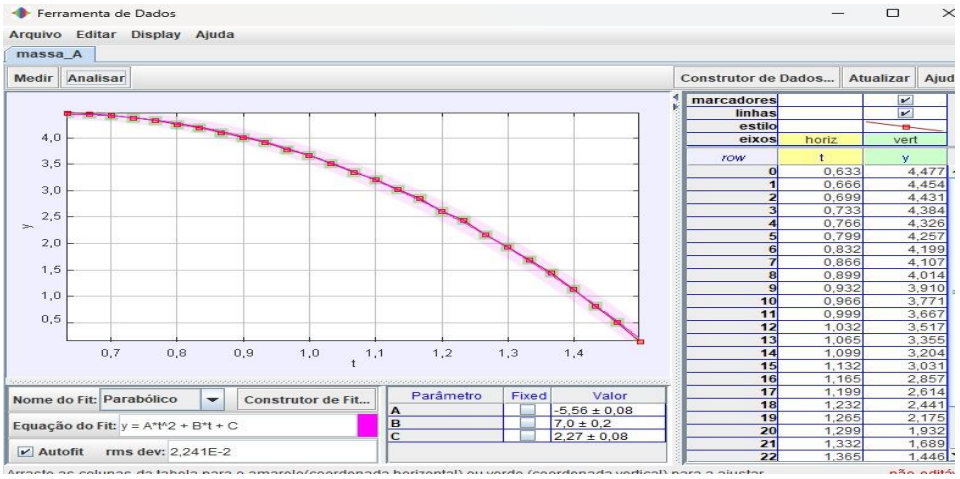
sendo solta de alturas de 4,5 metros, 1,9 metros e 1,13 metros — e de lançamento oblíquo — com um aluno arremessando uma bola de basquete até a cesta. Por meio das edições feitas no software Tracker, os alunos puderam visualizar o comportamento das trajetórias e interpretar os dados gerados automaticamente pelo programa. Foram realizados ajustes de curvas nos gráficos obtidos, evidenciando a correspondência com a função do 2º grau. Essa prática promoveu uma integração significativa entre os conteúdos de Física e Matemática, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais concreto e contextualizado, conforme ilustrado nas Figuras 1 a 6.

Figura 1 – Registro fotográfico do experimento de queda livre (altura de 4,5 metros).



Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

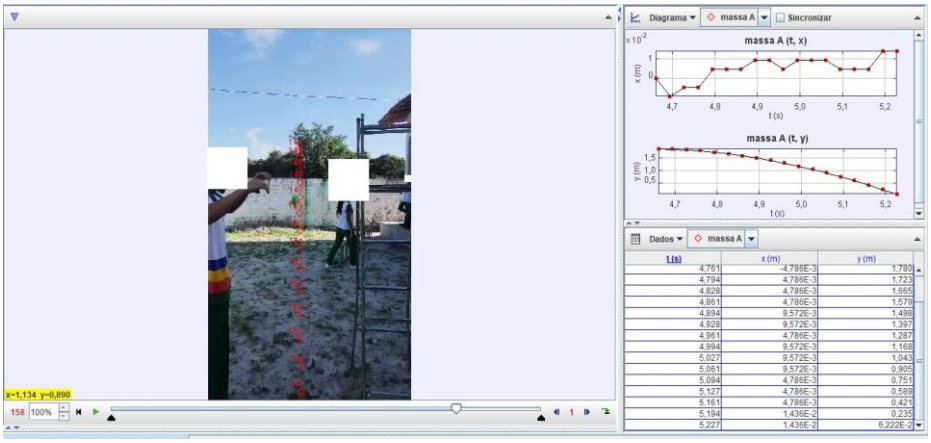
Figura 2 – Gráfico da função quadrática gerado atravéz do experimento acima.



Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

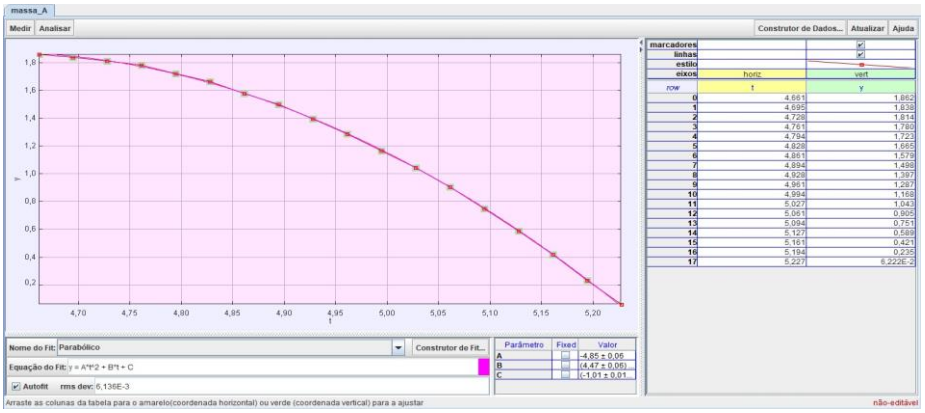
Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

Figura 3 – Registro fotográfico do experimento de queda livre (altura de 1,9 metros).



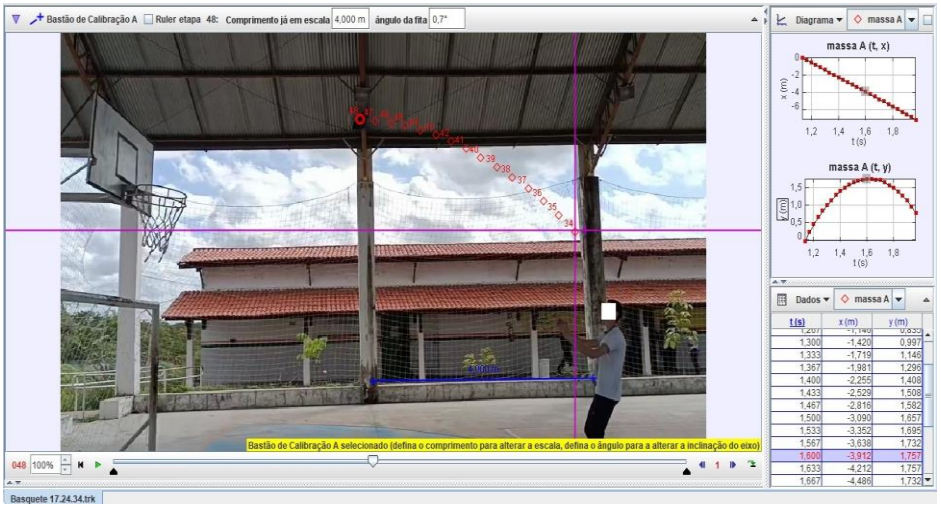
Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

Figura 4 – Gráfico da função quadrática gerado através do experimento acima.



Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

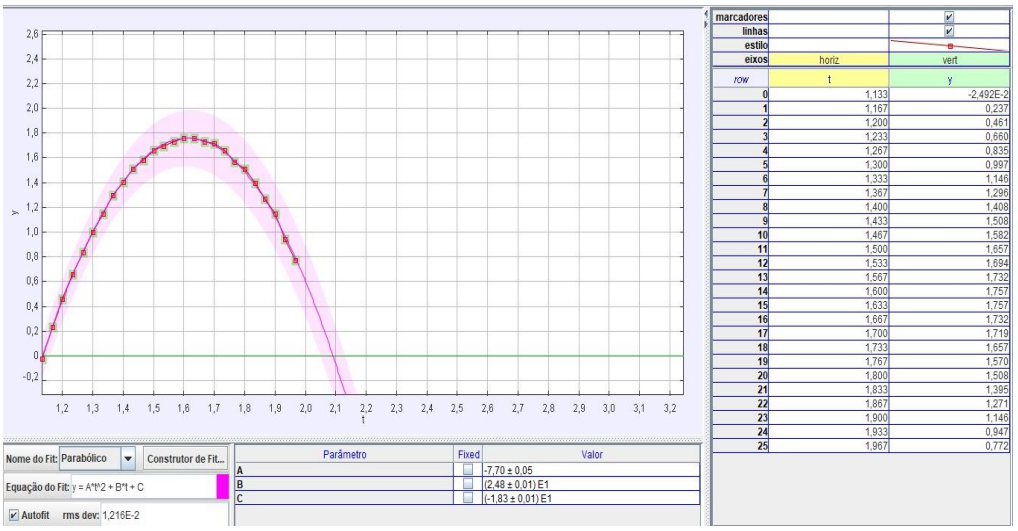
Figura 5 – Registro do experimento de lançamento oblíquo com bola de basquete.



Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

Figura 6 – Gráfico da uma função quadrática gerado através experimento anterior.



Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

As Figuras 1 a 6 documentam diferentes momentos da sequência didática e ilustram a aplicação do *software Tracker* na análise de movimentos verticais. Os registros fotográficos mostram os experimentos realizados pelos alunos, como a queda livre de objetos e o lançamento oblíquo com bola de basquete. Já os gráficos apresentados foram gerados automaticamente a partir da marcação dos pontos nos vídeos, representando a variação da altura da bola em função do tempo. As curvas obtidas apresentam a forma típica de funções quadráticas, com concavidade voltada para baixo, o que permitiu visualizar claramente o comportamento do movimento, incluindo o ponto de altura máxima, os instantes de subida e descida e o retorno ao solo. Esses elementos visuais complementam o conteúdo abordado em sala de aula, reforçando a articulação entre os conceitos físicos e suas representações matemáticas.

4. Resultados e Discussão

Para análise dos dados após a aplicação dos instrumentos pré-teste e o pós-teste, também foram realizados um questionário de percepção e observações diretas para discussões sobre os resultados. A análise foi conduzida de forma quantitativa e qualitativa, com o objetivo de avaliar os impactos da sequência didática e do uso do

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

software Tracker na aprendizagem dos estudantes.

Na análise quantitativa focada na comparação dos percentuais de acertos entre o pré-teste e o pós-teste, apontaram avanços significativos na aprendizagem dos alunos sobre os conteúdos abordados.

Os resultados do pré-teste diagnosticaram os conhecimentos prévios dos alunos, indicando que a maioria apresentava dificuldades em conectar os conceitos de funções e suas aplicações na física. Uma das dificuldades foi identificar qual o tipo de movimento é feito pela queda livre e pelo lançamento obliquo, cerca de 30% não entenderam ainda esse conceito. Também Foi observado que alguns estudantes conseguissem resolver algebricamente uma função quadrática, mas não conseguiam interpretar o que o gráfico dessa função representava aplicado ao contexto de movimento, como o lançamento oblíquo, ou seja, a trajetória parabólica de um objeto e o gráfico de uma função quadrática não foi entendida com o mesmo sentido por boa parte dos estudantes.

A seguir, apresenta-se uma análise comparativa das respostas de dois estudantes à mesma questão objetiva aplicada no pré-teste, cujo enunciado solicitava a identificação da função matemática que representa a altura de um objeto lançado verticalmente para cima. A questão avaliava o reconhecimento do tipo de função associada a esse movimento, considerando os conhecimentos prévios dos alunos sobre trajetórias e modelos matemáticos.

Na Figura 7, observa-se que o aluno A marcou como alternativa correta a opção (B) “Linear decrescente”, o que evidencia uma concepção equivocada sobre a natureza do movimento de lançamento vertical. Essa resposta pode indicar uma confusão entre o comportamento da velocidade (que de fato decresce no início do movimento) e a representação da altura, que segue uma curva parabólica. Isso sugere uma compreensão limitada ou fragmentada da relação entre fenômeno físico e sua modelagem matemática.

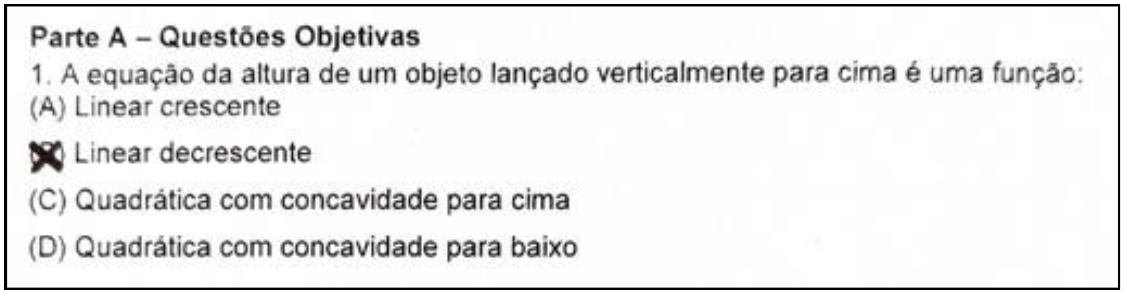
Já a Figura 8 mostra a resposta do aluno B, que assinalou corretamente a alternativa (C) “Quadrática com concavidade para cima”. Além disso, o estudante registrou uma observação escrita (“... linear seria da função afim, né?”), acompanhada de um esboço gráfico representando a concavidade da parábola. Essa anotação evidencia uma tentativa de reflexão metacognitiva, sugerindo que o

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

aluno está relacionando os tipos de funções com suas representações gráficas e reconhecendo a inadequação da função linear para descrever esse tipo de movimento.

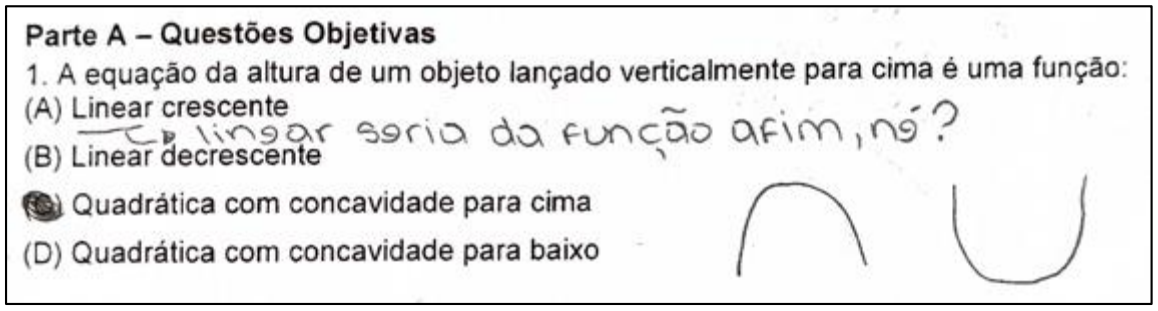
Essa comparação demonstra diferentes níveis de compreensão entre os alunos em relação à modelagem de movimentos no contexto da Física e da Matemática. Enquanto o aluno A revela uma interpretação simplificada e incorreta, o aluno B apresenta indícios de um raciocínio mais estruturado, articulando conceitos de função e representação gráfica, mesmo que de forma inicial. Tais registros são relevantes para a avaliação diagnóstica e para o planejamento de intervenções pedagógicas pelo professor.

Figura 7 – Resposta do aluno A, referente a 1ª questão do pré-teste.


Parte A – Questões Objetivas
1. A equação da altura de um objeto lançado verticalmente para cima é uma função:
(A) Linear crescente
(B) Linear decrescente
(C) Quadrática com concavidade para cima
(D) Quadrática com concavidade para baixo

Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

Figura 8 – Resposta do aluno B, referente a 1ª questão do pré-teste.



Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

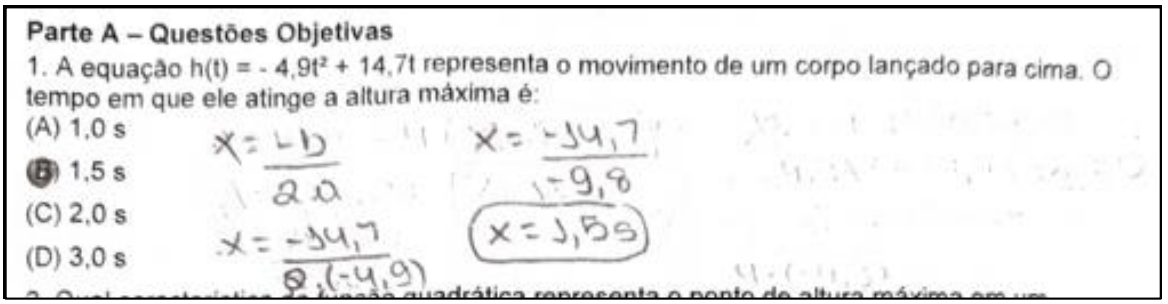
Com a intervenção pedagógica, incluindo a aula expositiva dialogada e aplicação das atividades práticas com o *Tracker*, os resultados do pós-teste despertou na maioria dos alunos conceitos vistos nas aulas de física e com isso puderam verificar a relação com a função quadrática. Nesse caso, essa metodologia

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

impactou expressivamente no percentual de acertos em questões que exigiam a relação entre a trajetória da bola com os gráficos de funções quadráticas. Assim, muitos alunos passaram a entender com mais clareza a função quadrática, a partir dos dados gerados pelo *software*, na utilização dos vídeos de queda livre e lançamento oblíquo. Neste sentido conseguiram ajustar a compreensão e melhorar o desempenho em questões sobre conceitos de cinemática, como também a interpretação do vértice da parábola como o ponto de altura máxima no lançamento.

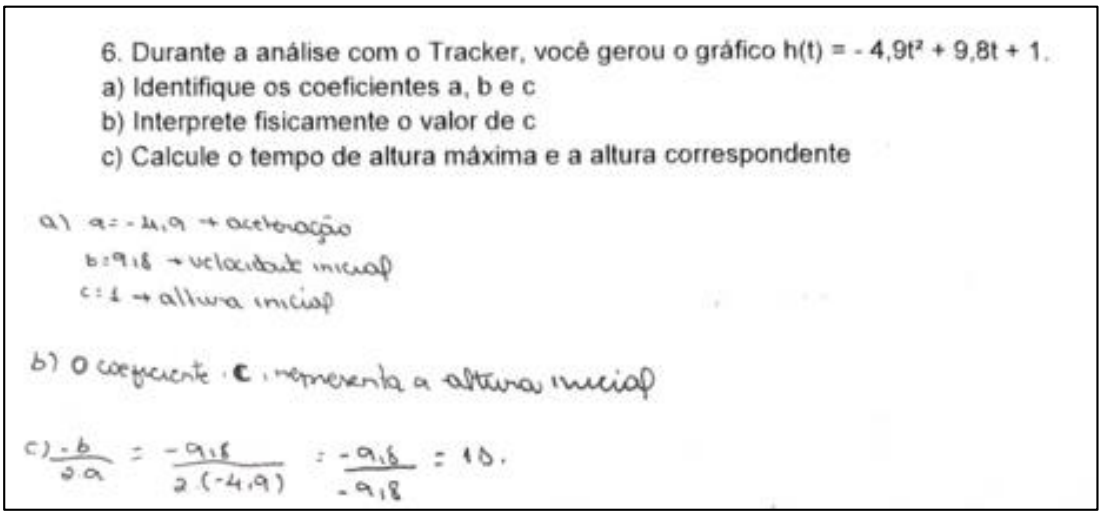
No exemplo abaixo mostra a evolução de dois alunos em que ambos conseguiram relacionar os conceitos físicos e relacioná-los a matemática, com isso obtendo êxito em questões que exigiam esse tipo de conhecimento.

Figura 9. Resposta do aluno C, referente a 1ª questão do pós-teste.



Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

Figura 10. Resposta do aluno D, referente a 6ª questão do pós-teste.



Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

Na Figura 9, o aluno C reconhece que o tempo correspondente à altura máxima pode ser determinado utilizando a fórmula do vértice $x=-b/2a$, aplicando-a corretamente para obter o valor de 1,5 segundos. Essa resposta demonstra que o aluno compreendeu não apenas a estrutura algébrica da função quadrática, mas também sua interpretação física, o que aponta para uma internalização dos conceitos fundamentais de cinemática vertical. Segundo Engelbrecht e Borba (2024), a aprendizagem se torna mais significativa quando os alunos são capazes de articular representações simbólicas e interpretações contextuais, como observado nesse caso.

Já na Figura 10, a resposta do aluno D também revela uma leitura apurada da equação $h(t) = -4,9t^2 + 9,8t + 1$. O estudante identifica corretamente os coeficientes a, b e c como correspondentes à aceleração, velocidade inicial e altura inicial, respectivamente, além de interpretar o coeficiente c como a altura inicial do movimento. A resolução da letra c da questão, utilizando novamente a fórmula do vértice para calcular o tempo da altura máxima, reforça o domínio conceitual e técnico por parte do aluno. Como apontado por Ferreira et al. (2023), a interpretação contextualizada de equações algébricas em fenômenos físicos favorece a retenção do conteúdo e o desenvolvimento de habilidades analíticas nos estudantes.

Essa evolução pode ser atribuída, em grande parte, ao uso de metodologias ativas de ensino, como a experimentação com o software *Tracke*r, que permite a coleta e análise de dados reais. Segundo Lahme et al. (2023), a utilização de tecnologias digitais associadas à resolução de problemas autênticos é um fator determinante para o desenvolvimento de competências matemáticas aplicadas. Ao trabalhar com situações extraídas de experimentos, os alunos desenvolvem uma compreensão mais profunda e integrada dos conceitos, superando a memorização mecânica e avançando em direção à autonomia intelectual e ao pensamento científico.

Os gráficos a seguir apresentam o percentual de acertos por competência, comparando os resultados obtidos no pré-teste e no pós-teste. As competências avaliadas foram classificadas da seguinte forma:

A. Relação entre gráfico e movimento;

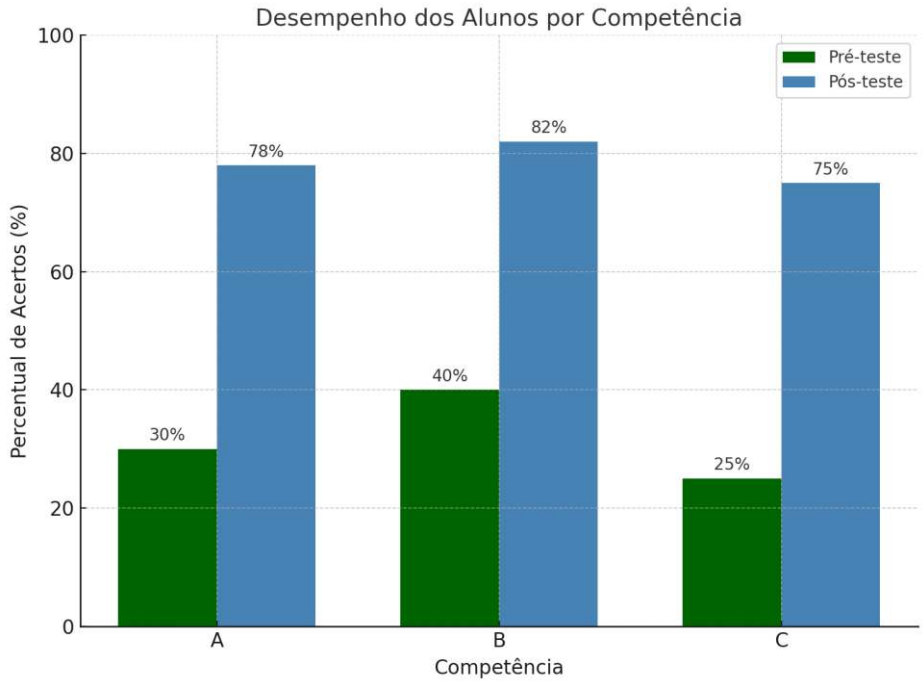
Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

B. Identificação da função quadrática;
C. Interpretação de conceitos físicos e matemáticos, como vértice, trajetória, deslocamento, velocidade e aceleração.

O Gráfico 1 evidencia a evolução do desempenho dos estudantes após a intervenção didática. Observa-se um aumento expressivo no índice de acertos em todas as competências avaliadas. Na competência A, o percentual passou de 30% no pré-teste para 78% no pós-teste. Na competência B, houve um salto de 40% para 82%. Já na competência C, apesar de apresentar o menor percentual inicial (25%), os estudantes alcançaram 75% de acertos no pós-teste, demonstrando avanços significativos na capacidade de interpretar conceitos mais abstratos.

Esses resultados sugerem que as estratégias metodológicas adotadas, como o uso de simulações com o *software Tracker* e a integração entre conteúdos de Física e Matemática, contribuíram efetivamente para a consolidação das aprendizagens e o desenvolvimento das competências propostas.

Gráfico 1 – Desempenho dos alunos por competência.



Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

A análise qualitativa foi fundamentada nas respostas ao questionário de

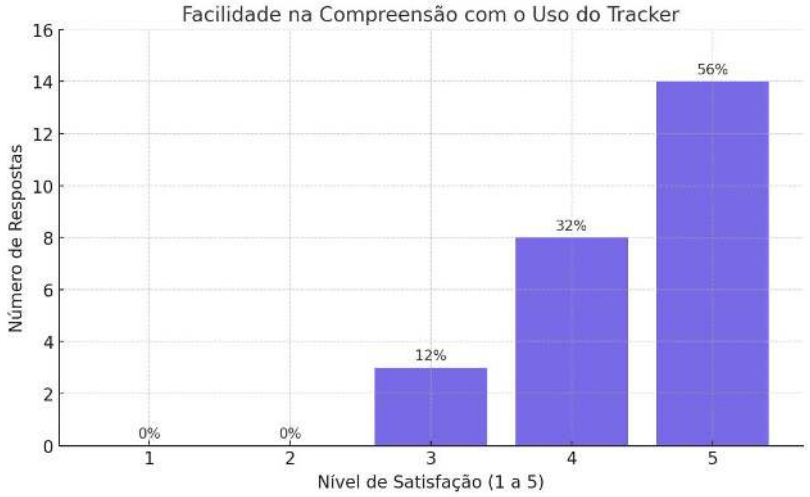
Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

percepção e nos registros de observação realizados durante a pesquisa. Os dados coletados evidenciam uma percepção amplamente positiva por parte dos estudantes em relação às atividades desenvolvidas com o uso do software Tracker.

De acordo com as respostas obtidas, a maioria dos estudantes apontou que a utilização do Tracker tornou as aulas mais atrativas e proporcionou uma aprendizagem mais significativa. Nas questões discursivas, diversos alunos relataram que a visualização do gráfico sendo construído a partir do movimento real do lançamento da bola facilitou a compreensão da relação entre os conceitos físicos e matemáticos envolvidos, especialmente no que se refere à trajetória, altura, tempo e aceleração. Essa representação gráfica em tempo real foi considerada um elemento-chave para promover a aprendizagem.

No que se refere à avaliação da percepção dos alunos quanto à contribuição do Tracker para o processo de ensino-aprendizagem, foi aplicado um questionário com escala de satisfação de 1 (mínima) a 5 (máxima). O Gráfico 2 apresenta os resultados da questão 1, que investigou o quanto o uso do *software* auxiliou na compreensão dos conceitos de queda livre e lançamento oblíquo.

Gráfico 2 – Facilidade na compreensão de conceitos com uso do *Tracker* (Questão 1).



Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

Conforme mostra o Gráfico 2, nenhum estudante atribuiu notas 1 ou 2, enquanto 88% deram notas 4 ou 5, indicando um alto nível de satisfação e

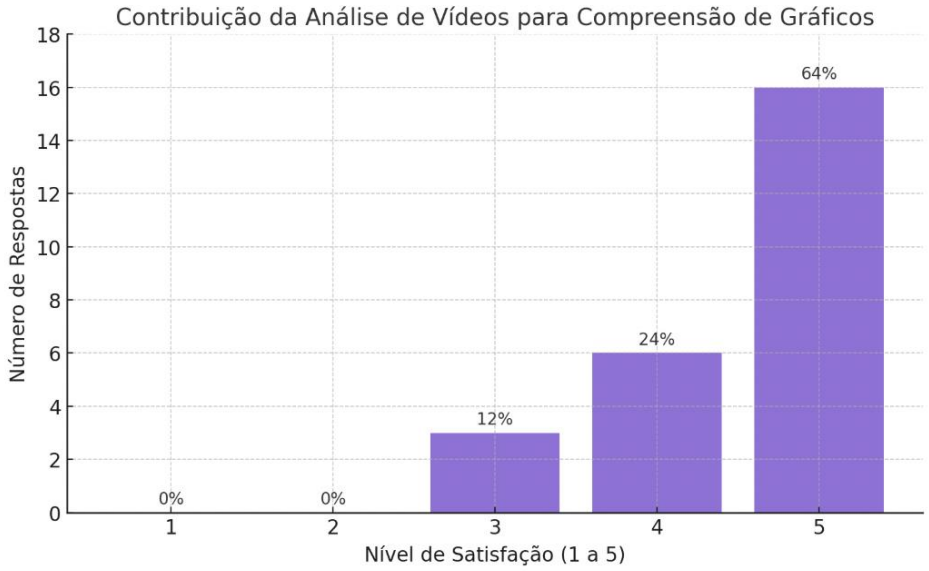
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

concordância com a eficácia pedagógica da ferramenta. Esse resultado reforça a importância do uso de tecnologias digitais interativas para favorecer o engajamento e facilitar o entendimento de conceitos abstratos, conforme defendem autores como Engelbrecht e Borba (2024) e Lahme et al. (2023).

A análise dos dados obtidos na Questão 2 do questionário de percepção reforça a contribuição pedagógica do uso de vídeos na aprendizagem de conteúdos matemáticos e físicos. A pergunta avaliava se a análise dos vídeos utilizados nas atividades com o *Tracker* ajudou os estudantes a compreender melhor os gráficos das funções quadráticas, especialmente no contexto do lançamento oblíquo.

Conforme evidenciado no Gráfico 3, nenhum estudante atribuiu notas 1 ou 2, o que demonstra um nível geral de aceitação muito positivo. A maior concentração de respostas encontra-se nas categorias 4 (24%) e 5 (64%), totalizando 88% de avaliações altamente favoráveis. Esse resultado sugere que a utilização de representações visuais dinâmicas foi decisiva para a consolidação dos conceitos relacionados à trajetória parabólica e aos parâmetros das funções do segundo grau.

Gráfico 3 – Contribuição da análise de vídeos para compreensão de gráficos (Questão 2).



Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

Tais resultados corroboram estudos como os de Borba e Villarreal (2023), que defendem que a visualização de fenômenos físicos por meio de vídeos e simulações

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

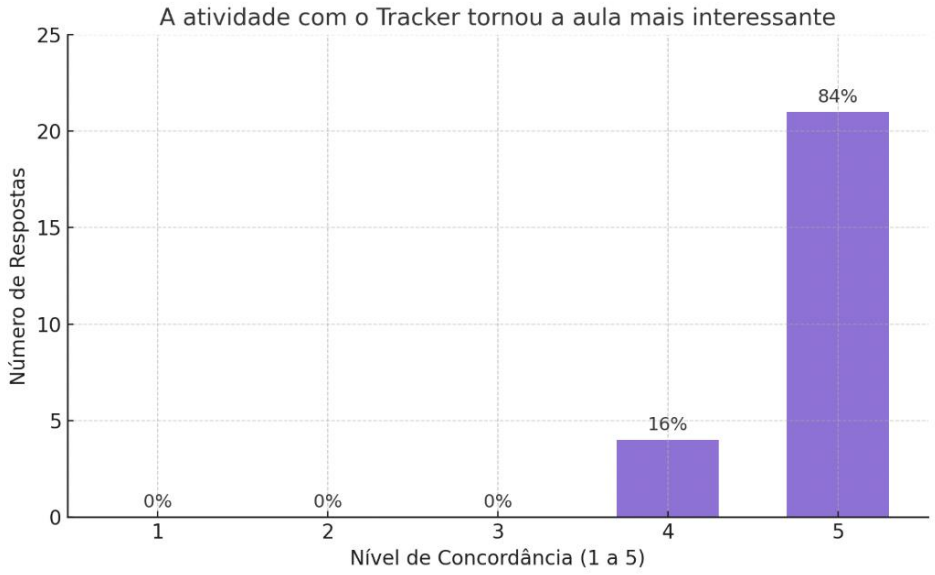
digitais promove uma aprendizagem mais concreta e integrada. Ainda, segundo Rosa e Silva (2024), a articulação entre diferentes formas de representação (gráfico, algébrico e visual) amplia a capacidade dos alunos de interpretar e aplicar conceitos matemáticos em contextos reais.

Dessa forma, constata-se que o uso combinado de vídeos, experimentação e tecnologia digital – como o *software Tracker* – constitui uma prática didática eficaz para o ensino interdisciplinar, despertando maior interesse e compreensão por parte dos estudantes.

Após a compreensão dos conceitos de queda livre e lançamento oblíquo, foi possível observar que a utilização do software Tracker contribuiu significativamente para o entendimento dos alunos. A análise dos vídeos reforçou a aplicação prática da função quadrática, evidenciando a interdisciplinaridade entre os conteúdos de Física e Matemática.

O gráfico 4 mostra que a atividade com o Tracker foi bem recebida pelos estudantes: dos 25 participantes, 84% (21 alunos) atribuíram nota máxima (5) à afirmação de que a atividade tornou a aula mais interessante, e 16% (4 alunos) deram nota 4. Não houve respostas nas opções de 1 a 3, indicando uma aceitação majoritariamente positiva da proposta.

Gráfico 4 – A atividade com o *Tracker* tornou a aula mais interessante (Questão 3).



Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

Observou-se um elevado nível de satisfação por parte dos estudantes em

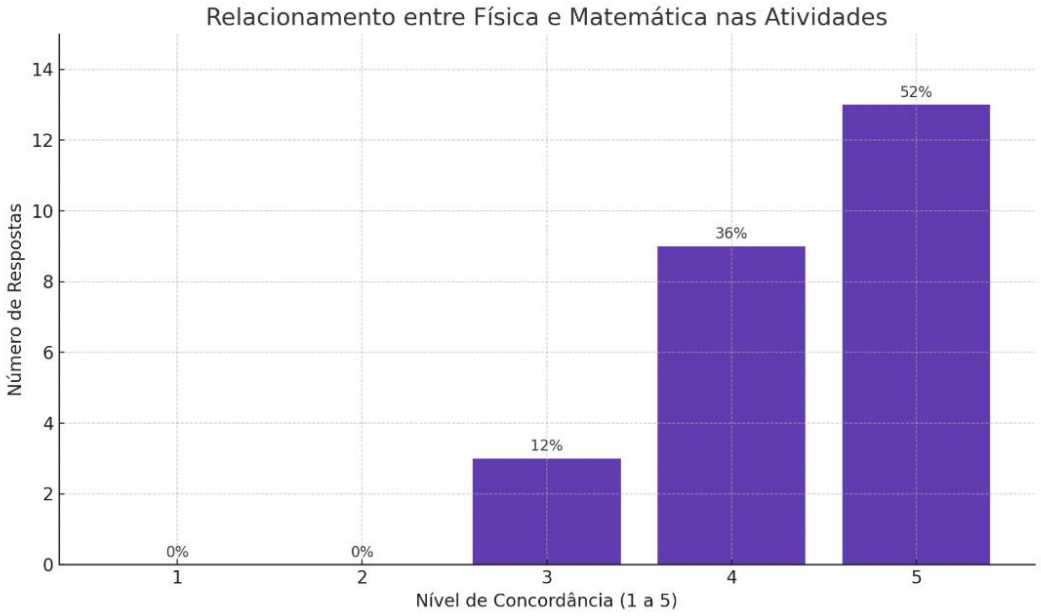
Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

relação à aula, evidenciado pelo uso inovador do software *Tracker*. A aplicação da ferramenta tecnológica despertou significativo interesse, sendo considerada pelos discentes como um momento de aprendizagem diferenciado e enriquecedor.

A sequência didática implementada contribuiu de maneira significativa para o desenvolvimento dos conceitos tanto de Física quanto de Matemática. A análise comparativa entre o pré-teste e o pós-teste evidencia essa evolução conceitual entre os estudantes. Além disso, destaca-se a relevância da metodologia adotada, especialmente o uso da aula expositiva dialogada, que favoreceu um ambiente propício à troca de ideias, esclarecimento de dúvidas e maior participação discente.

No que se refere à capacidade de estabelecer relações entre os conceitos das duas disciplinas (Gráfico 5), observa-se que 88% dos respondentes atribuíram notas 4 ou 5, o que reforça a percepção positiva da interdisciplinaridade promovida. Da mesma forma, conforme apresentado na Gráfico 6, 80% dos alunos declararam sentir-se mais confiantes para resolver problemas relacionados ao movimento vertical ou oblíquo, o que evidencia o fortalecimento da compreensão dos conteúdos abordados.

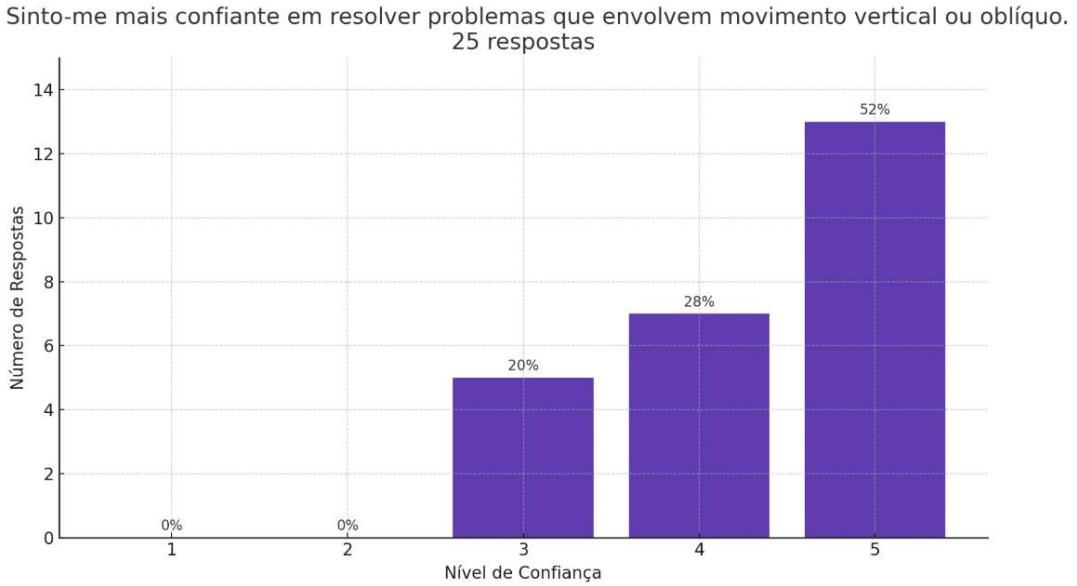
Gráfico 5 – Relacionamento entre as disciplinas Matemática e Física (Questão 4).



Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.11, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

Gráfico 6 – Nível de confiança ao resolver um problema de movimento vertical (Questão 5).



Fonte: Elaboração dos autores, 2025.

Apesar do bom desempenho dos alunos após a aplicação da sequência didática sempre uma outra situação problema pode gerar dúvidas quanto a resolução, nesse sentido a aplicação das atividades gerou resultado positivo, mas não garante total eficiência em um desafio apresentado.

No geral, a observação direta durante a aplicação do trabalho e da análise prática dos vídeos, foi observado um engajamento significativo havendo um maior interesse por parte dos alunos. A atividade de natureza investigativa promoveu uma maior colaboração entre os estudantes com a troca de informações, tanto na hora da gravação do vídeo quanto na aplicação do software para a resolução do problema.

No momento em que o *Tracker* estava sendo aplicado gerado automaticamente os gráficos de posição em função do tempo, surgiram bastantes discussões produtivas e questionamentos que contribuíram para uma reflexão aprofundada sobre os conceitos matemáticos e físicos, assim, cumprindo o objetivo de desenvolver habilidades investigativas com o uso da tecnologia.

Na discussão dos resultados quantitativos e qualitativos, convergem para uma abordagem metodológica aplicada com sucesso, na articulação entre as disciplinas de Física e Matemática, mediada por uma ferramenta tecnológica e na

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

contextualização em situações reais.

Com isso a experiência validou as propostas de interdisciplinaridade apontados nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) como também no estudo de funções que também é prevista na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A aplicação da modelagem matemática com a aplicação do Tracker contribui para o alcance dos objetivos propostos pelo o trabalho, promovendo mudanças na postura dos alunos em resolver situações-problema, transformando-os em sujeitos ativos capazes de construírem seu próprio conhecimento.

4. Conclusão

A pesquisa demonstrou que o uso do software Tracker, aliado a uma abordagem interdisciplinar entre Física e Matemática, constitui uma ferramenta no processo de ensino-aprendizagem, no que se refere à compreensão da função quadrática por meio da modelagem de movimentos como a queda livre e o lançamento oblíquo. A aplicação da sequência didática permitiu evidenciar avanços no desempenho dos estudantes, tanto em aspectos conceituais quanto na capacidade de interpretação de gráficos e equações relacionadas aos fenômenos estudados.

Os resultados obtidos por meio dos testes diagnósticos, do questionário de percepção e da observação direta revelaram que a utilização de recursos tecnológicos em sala de aula desperta interesse dos alunos, além de favorecer o desenvolvimento de habilidades investigativas e a compreensão contextualizada dos conteúdos. Observou-se uma melhora na interpretação do vértice da parábola, da trajetória dos corpos em movimento e da associação entre representações algébricas e fenômenos físicos.

Dessa forma, conclui-se que a integração de tecnologias educacionais, como o Tracker, com metodologias ativas e práticas interdisciplinares, contribui para tornar o ensino de funções, atrativo e dinâmico. Recomenda-se, portanto, a ampliação do uso dessa estratégia em diferentes contextos e conteúdo do currículo escolar, facilitando uma compreensão mais sólida e contextualizada para os estudantes.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

Referências

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 1978.

BASSANESI, G. A. **Modelagem matemática: uma alternativa metodológica no ensino-aprendizagem de matemática**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2002.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/bncc. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – PCN+**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

ENGELBRECHT, J.; BORBA, M. C. The role of digital technology in connecting mathematics and physics in secondary education**. ZDM – Mathematics Education**, v. 56, p. 79–93, 2024. https://doi.org/10.1007/s11858-024-01472-3

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. 6. ed. Campinas: Papirus, 2008.

FERREIRA, L. M.; NASCIMENTO, M. T.; LOPES, R. S. Aprendizagem significativa de cinemática por meio da modelagem matemática com equações quadráticas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, n. 1, e20230451, 2023. https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2023-0451

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: mecânica**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LAHME, S.; LÜTZEN, J.; WAGENER, M. Data literacy and physics modeling: engaging students through technology-enhanced inquiry. **Physical Review Physics Education Research**, v. 19, n. 2, 2023. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020104

MALTEMPI, M. V. A. **Tecnologia no ensino de matemática: desafios e possibilidades**. In: MACHADO, S. D. (org.). **Ensino de matemática: tendências internacionais**. Campinas: Autores Associados, 2008. p. 53-66.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.4163

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.