



Integração de Tecnologias Digitais e Sequência Didática Interativa: Um Estudo sobre Funções Quadráticas com PhET

Integration of Digital Technologies and Interactive Teaching Sequence: A Study on Quadratic Functions with PhET

Integración de tecnologías digitales y secuencia de enseñanza interactiva: un estudio sobre funciones cuadráticas con PhET

Fernando Ângelo da Silva Bastos¹

• Otávio Floriano Paulino²

RESUMO

O artigo aborda o ensino de funções quadráticas, enfatizando a integração de metodologias ativas e tecnologias digitais para promover o protagonismo discente e a autonomia. Utilizando uma abordagem qualitativa com estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental em uma escola pública de Natal/RN, a pesquisa aplica a Sequência Didática Interativa (SDI), baseada no Círculo Hermenêutico-Dialético, integrando simuladores PhET. A metodologia inclui diagnóstico de concepções prévias, discussões em grupos e síntese colaborativa, enriquecida por tecnologias como o PhET, que promovem visualização e manipulação de gráficos. Resultados mostram evolução de ideias iniciais fragmentadas (foco em x^2 e Fórmula Resolutiva da Equação do Segundo Grau, conhecida no Brasil como Fórmula de Bhaskara) para compreensões mais integradas, com ênfase em parábolas e contextos reais, embora persista dificuldade na análise de coeficientes como b . A SDI, aliada a ferramentas digitais, fomenta engajamento, autonomia e raciocínio crítico, apesar de desafios como infraestrutura limitada. Sugere-se expansão para outros níveis e políticas para acesso a tecnologias gratuitas, contribuindo para um ensino matemático mais inclusivo e inovador.

Palavras-chave: Funções quadráticas; Sequência Didática Interativa; Simuladores PhET; Metodologias ativas.

ABSTRACT

This article addresses the teaching of quadratic functions, emphasizing the integration of active methodologies and digital technologies to promote student protagonism and autonomy. Using a qualitative approach with 9th-grade students in a public school in Natal/RN, the research applies the Interactive Didactic Sequence (IDS), based on the Hermeneutic-Dialectic Circle, integrating PhET simulators. The methodology includes diagnosis of prior conceptions, group discussions, and collaborative synthesis, enriched by technologies such as PhET, which promote visualization and manipulation of graphs. Results show an evolution from fragmented initial ideas (focus on x^2 and the Quadratic Equation Solving Formula, known in Brazil as Bhaskara's Formula) to more integrated understandings, with an emphasis on parabolas and real-world contexts, although difficulty persists in the analysis of coefficients such as b . The IDS, combined with digital tools, fosters engagement, autonomy, and critical thinking, despite challenges such as limited infrastructure. It is suggested that this be expanded to other levels and policies for access to free technologies, contributing to a more inclusive and innovative mathematics education.

Keywords: Quadratic functions; Interactive teaching sequence; PhET simulators; Active learning methodologies.

¹ Licenciatura em Matemática pelo Núcleo de Educação à Distância (NEaD/UFERSA), Mossoró/RN – Brasil. E-mail: bastosfernando79@gmail.com

² Doutor em Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Docente da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Pau dos Ferros/RN – Brasil. E-mail: otavio.paulino@ufersa.edu.br

RESUMEN

Este artículo aborda la enseñanza de funciones cuadráticas, haciendo hincapié en la integración de metodologías activas y tecnologías digitales para promover el protagonismo y la autonomía estudiantil. Mediante un enfoque cualitativo con estudiantes de 9.º grado de una escuela pública de Natal, RN, la investigación aplica la Secuencia Didáctica Interactiva (SDI), basada en el Círculo Hermenéutico-Dialéctico, integrando simuladores PhET. La metodología incluye el diagnóstico de concepciones previas, discusiones grupales y síntesis colaborativa, enriquecidas por tecnologías como PhET, que promueven la visualización y manipulación de gráficos. Los resultados muestran una evolución desde ideas iniciales fragmentadas (centradas en x^2 y la Fórmula de Resolución de Ecuaciones Cuadráticas, conocida en Brasil como Fórmula de Bhaskara) hacia comprensiones más integradas, con énfasis en parábolas y contextos del mundo real, aunque persisten dificultades en el análisis de coeficientes como b . La SDI, combinada con herramientas digitales, fomenta la participación, la autonomía y el pensamiento crítico, a pesar de desafíos como la infraestructura limitada. Se sugiere ampliar esto a otros niveles y políticas de acceso a tecnologías libres, contribuyendo a una educación matemática más inclusiva e innovadora.

Palabras clave: Funciones cuadráticas; Secuencia de enseñanza interactiva; Simuladores PhET; Metodologías de aprendizaje activo.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, ensinar Matemática apresenta desafios históricos, refletidos na dificuldade dos estudantes em conectar a teoria abstrata com significados práticos. Pesquisas apontam que o ensino tradicional, focado na memorização de fórmulas, muitas vezes não promove uma compreensão conceitual profunda (Damian; Kaiber, 2023). As funções quadráticas exemplificam essa barreira: um conteúdo que exige a transição fluida entre registros algébricos, gráficos e simbólicos, frequentemente gerando ansiedade e obstáculos de aprendizagem.

Para lidar com isso, duas grandes ideias vêm ganhando espaço no país. A primeira é usar metodologias ativas, que fazem o estudante investigar e colaborar, tornando-se o agente do seu aprendizado. A segunda é trazer a tecnologia digital para o centro do processo. Metzker (2025), por exemplo, aponta que isso ajuda a engajar o educando e dar a ele mais protagonismo. Da mesma forma, estudos como o de Silveira Junior e Marcelino (2022) mostram que usar a tecnologia de forma consciente pode melhorar o letramento matemático e científico.

No caso específico das funções quadráticas, já existem artigos mostrando o valor de programas como o GeoGebra. Molinari (2018) descreveu uma experiência brasileira em que o software ajudou os alunos a enxergar melhor os gráficos e as transformações das parábolas. Outro trabalho, de Silva e Franzen (2020), explorou como usar um ambiente virtual para ensinar funções (afins e quadráticas) com um foco em educação popular.

Juntar metodologias ativas e tecnologia digital parece ser, portanto, uma estratégia poderosa para ensinar funções quadráticas. Ela vai além de só fazer a conta ou o gráfico, ajudando o aluno a desenvolver a capacidade de argumentar, de pensar sobre como aprende (metacognição) e de ter mais autonomia.

Diante desse cenário, define-se o seguinte problema de pesquisa: de que maneira a integração da Sequência Didática Interativa (SDI) com simuladores virtuais pode contribuir para a superação de concepções fragmentadas sobre funções quadráticas? Para responder a essa questão, este estudo estabeleceu como objetivo geral analisar as contribuições de uma intervenção pedagógica baseada

na SDI e no uso da plataforma PhET para a apropriação ativa do conceito de função quadrática por estudantes do 9º ano.

Para alcançar tal propósito, traçaram-se os seguintes caminhos metodológicos (objetivos específicos): a) Diagnosticar as concepções prévias dos estudantes sobre equações e funções de segundo grau; b) Implementar ciclos de discussão e síntese colaborativa mediados pelo Círculo Hermenêutico-Dialético; c) Explorar as relações entre coeficientes algébricos e representações gráficas através da manipulação dos simuladores PhET; d) Avaliar a evolução conceitual e a capacidade de argumentação matemática dos discentes após a intervenção.

2. SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTERATIVA COMO METODOLOGIA ATIVA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA

A Sequência Didática Interativa (SDI) é uma proposta didático-metodológica que visa assegurar a apropriação ativa do conhecimento. Ela se baseia em etapas interacionistas e dialógicas para a construção colaborativa de conceitos. A base dela é criar etapas em que a interação e o diálogo levam à construção de ideias em conjunto, de forma colaborativa. Essa abordagem é um desdobramento da Metodologia Interativa criada por Oliveira (2013). Por trás dela, existem várias teorias fortes, como o Círculo Hermenêutico-Dialético (CHD), a ideia de dialogicidade, o pensamento complexo e outras visões construtivistas e de aprendizagem ativa (Oliveira, 2013).

Na prática, as características centrais da SDI são: a) Ser dividida em etapas bem conectadas, cada uma com objetivos claros (o que o aluno deve aprender, sentir e como fazer); b) Colocar o aluno como protagonista, tirando-o da posição de mero ouvinte para que ele se torne ativo na construção do saber; c) Usar o diálogo como a ferramenta principal de mediação; d) Lançar mão de várias ferramentas de aprendizagem, como recursos digitais, debates, atividades práticas e resumos feitos em grupo; e) Ter uma avaliação que acontece o tempo todo (diagnóstica, formativa e somativa), o que permite acompanhar de perto como o estudante está evoluindo (Oliveira, 2013; Oliveira, 2011).

Investigações presentes na literatura indicam que essa metodologia apresenta potencial significativo para o ensino de Matemática. Estudos recentes atestam sua eficácia na mediação de conteúdos, frequentemente associando-a ao uso de tecnologias e à contextualização. Um exemplo é o trabalho de Bessa e Paulino (2025), que relataram a aplicação de uma SDI com recursos digitais no ensino do Teorema de Pitágoras em uma escola do semiárido potiguar. Eles observaram um aumento na compreensão conceitual, maior engajamento discente e o desenvolvimento da argumentação matemática.

De modo similar, Silva e Oliveira (2009) implementaram a SDI no ensino de funções lineares, usando o CHD como ferramenta diagnóstica. A pesquisa apontou uma melhor compreensão das propriedades das funções pelos alunos e maior autonomia na resolução de problemas. A metodologia também otimizou a integração aluno-professor, permitindo ao educador maior flexibilidade para identificar e sanar obstáculos epistemológicos.

Para uma aplicação eficaz da SDI em Matemática, certos aspectos metodológicos são vitais. O primeiro é o diagnóstico de conceitos prévios, que identifica lacunas ou concepções errôneas. O segundo é a diversificação de estratégias, incluindo diferentes representações (gráficos, simulações) e softwares (como o GeoGebra). O terceiro é a reflexão metacognitiva, incentivando o estudante a justificar e reconstruir suas ideias. O quarto é a avaliação contínua, que permite feedbacks e ajustes

processuais. Por fim, a contextualização dos conteúdos, conectando a Matemática a problemas reais, confere significado ao aprendizado (Bessa; Paulino, 2025).

Apesar de seu potencial, a implementação da SDI enfrenta desafios, como a necessidade de formação docente específica, a disponibilidade de recursos e tempo pedagógico, a adaptação às realidades locais e a superação de resistências de todos os envolvidos, acostumados a metodologias tradicionais (Oliveira, 2013).

3. TECNOLOGIA PARA O ENSINO DE FUNÇÕES QUADRÁTICAS

O emprego de recursos digitais no ensino de Matemática vem se consolidando, especialmente em conteúdos que apresentam barreiras significativas para os aprendizes, como o caso das equações/funções quadráticas. As ferramentas tecnológicas, quando integradas de forma planejada ao processo educativo, podem transformar a sala de aula em um ambiente mais dinâmico, dessa forma:

Portanto, inserir as tecnologias na Educação é mais que necessário; é urgente. No entanto, é importante que os professores entendam que não basta levar os recursos tecnológicos apenas para despertar a curiosidade e o engajamento dos alunos ou personalizar o ensino e o trabalho docente; deve também ter planejamento e intenção pedagógica. (Dias, 2023, p. 2).

Conforme Buene e Munguambe (2024), a utilização do GeoGebra como software de apoio no ensino desse conteúdo favorece uma aprendizagem mais ativa, mesmo em cenários com limitações estruturais, pois o programa gera a possibilidade de manipular os coeficientes da função, bem como evidenciar, em tempo real, as modificações no gráfico. De modo semelhante, Santos, Silva e Silva (2024) verificaram que, em cursos de formação continuada de professores da educação básica, o uso deste software na abordagem das funções afim e quadrática, ultrapassou a participação de metodologias de ensino mais interativas e investigativas, favorecendo a compreensão conceitual dos docentes e, por consequência, de seus alunos.

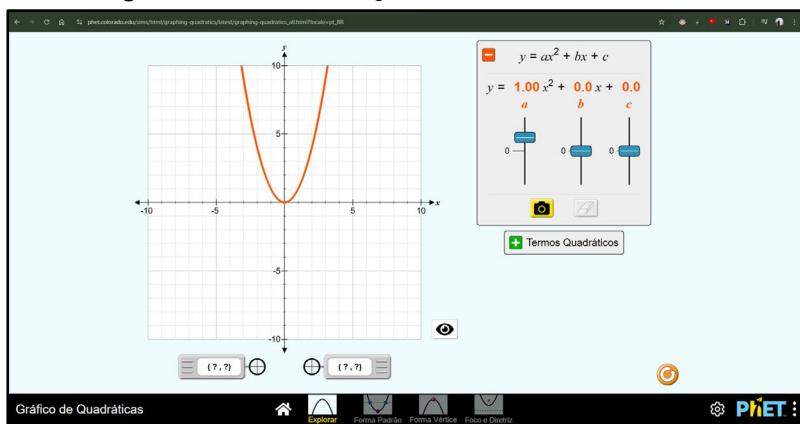
A literatura também destaca várias vivências de aplicação pedagógica do GeoGebra no ensino médio, cujas potencialidades se tornam visíveis no exercício da articulação de diferentes registros de representação — os algébricos, gráficos e verbais — conforme se sugere na teoria dos registros semióticos de Duval (Duval; Moretti, 2012). Souza (2015), ao aplicar uma sequência didática que explorou os aspectos gráficos e algébricos das funções quadráticas, tendo o GeoGebra como recurso, verificou que a mesma propiciou melhor reconhecimento das relações entre os parâmetros a , b e c e suas implicações em relação à concavidade, ao vértice e também às interseções com o eixo das ordenadas. Da mesma maneira, Baía e Santos (2021) apontam que o emprego do GeoGebra auxilia os alunos a superarem concepções equivocadas sobre os coeficientes e a compreenderem a estrutura funcional das parábolas, tornando o processo de aprendizagem, desta forma, mais significativo.

Outra linha de pesquisa importante é a da modelagem matemática em conjunto com a tecnologia, pois, conforme Felizardo e Sauer (2023), o trabalho com problemas do dia a dia que envolvem fenômenos passíveis de modelagem através de funções de segundo grau, se desenvolvido com o auxílio de softwares, contribui para a interpretação dos parâmetros da função e reforça o sentido prático da Matemática aos alunos. Esse aspecto permite que o estudante estabeleça a relação entre a teoria e a realidade, desenvolvendo habilidades de analisar, prever e resolver problemas.

Além do GeoGebra, as simulações interativas da plataforma PhET Interactive Simulations, desenvolvidas pela Universidade do Colorado, vêm sendo amplamente exploradas em práticas didáticas. A escolha pelo PhET, em detrimento do GeoGebra, justificou-se pela sua interface intuitiva e 'pronta para uso'. Diferente da construção livre exigida pelo GeoGebra, o ambiente controlado do PhET dispensa domínio instrumental prévio, reduzindo a carga cognitiva técnica.

A simulação "Gráfico de Quadráticas", disponível em português, permite ao usuário manipular os coeficientes da função $y = ax^2 + bx + c$ e observar, de forma imediata, as transformações na parábola, incluindo concavidade, posição do vértice e interseções, conforme ilustrado na Figura 1.

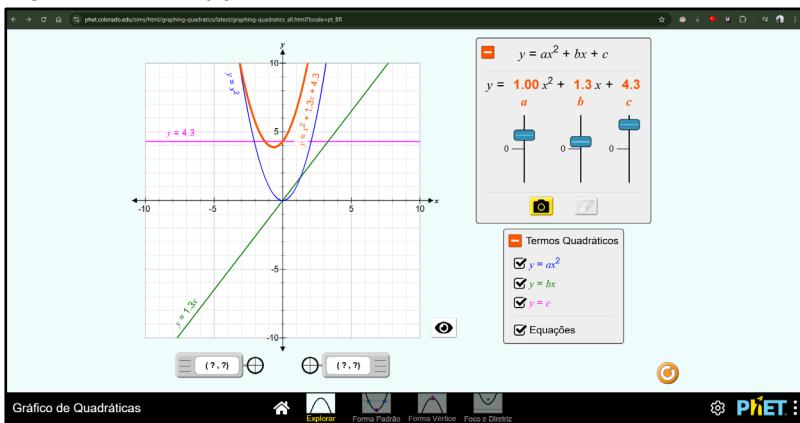
Figura 1 - "Gráfico de Quadráticas" do site do PhET



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Na opção "Termos Quadráticos" podemos ver as suas funções correspondentes no gráfico. E na opção "Equações" elas são exibidas também no gráfico. A Figura 2 ilustra essas opções.

Figura 2 - Mais opções do "Gráfico de Quadráticas" do site do PhET



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Soares (2024) sugeriu empregar os recursos do PhET para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental e notou avanços consideráveis na compreensão dos elementos constitutivos da função quadrática, além de suscitar maior motivação nas atividades de exploração. Vieira, Alves e Catarino (2021) também salientam as potencialidades desse simulador no afazer pedagógico quando esse está incorporado em metodologias de ensino investigativo, tal como a engenharia didática. De acordo com esses autores, o simulador proporciona o desenvolvimento da autonomia intelectual dos estudantes, uma vez que eles passam a criar hipóteses, experimentar conjecturas e a verificar resultados de maneira interativa, ações que corroboram a relevância de uma perspectiva que prestigie a

experimentação e o raciocínio lógico e que insira o estudante como sujeito ativo no processo de aprendizagem.

Diversos estudos enfatizam que a eficácia dessas tecnologias depende diretamente da mediação docente e do planejamento pedagógico, sendo que, segundo Santos, Silva e Silva (2024), as tecnologias não substituem o papel do professor, mas o ampliam, ao permitir que ele atue como mediador da investigação e da construção de significados matemáticos. Nascimento e Schmiguel (2017) afirmam que os resultados obtidos em doze sequências didáticas com tecnologias digitais foram considerados favoráveis ao processo de ensino-aprendizagem, especialmente quando essas tecnologias foram introduzidas de forma crítica, consciente e planejada.

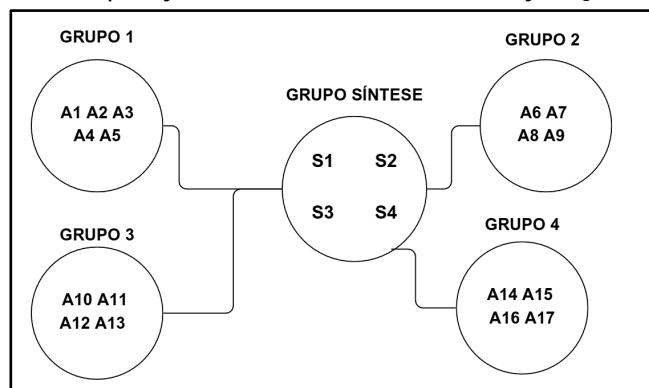
As iniciativas para incorporar tecnologias digitais no ensino da Matemática, embora promissoras, enfrentam desafios substanciais que restringem sua efetividade, como indica Cibotto (2021), ao destacar, em uma revisão de literatura sobre modelagem matemática e tecnologias digitais na Educação Básica, que as principais dificuldades envolvem infraestrutura escolar deficiente, insegurança dos professores quanto ao uso pedagógico das TIC e falta de preparo docente para integrá-las de forma significativa.

4. METODOLOGIA UTILIZADA

A presente pesquisa foi feita em Natal, RN, numa escola pública da área urbana da cidade de Natal, capital do Rio Grande do Norte. O grupo de participantes tinha 17 estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental. O objetivo era entender melhor o que está por trás do aprendizado de matemática, tanto na parte dos conceitos quanto na aplicação prática. Para isso, foi usada abordagem qualitativa. Como explicam Bogdan e Biklen (2003), esse método exige que o pesquisador fique perto do fenômeno para coletar dados descritivos. A prioridade foi entender os detalhes do dia a dia e do contexto dos educandos, não buscar números ou resultados que pudessem ser generalizados.

A estratégia de ensino foi a Sequência Didática Interativa (SDI), de Oliveira (2013). Ela se alinha a ideias construtivistas e interacionistas, o que ajuda o grupo a construir conhecimento de forma coletiva, por meio de conversas e reflexão. Para fazer isso funcionar, a turma foi dividida em quatro grupos (G1, G2, G3 e G4). Os dados foram organizados em quadros interpretativos, preservando a identidade dos participantes, que foram codificados como A1 a A17 para os alunos e S1 a S4 para os representantes dos grupos. Essa organização e o fluxo da atividade estão ilustrados na Figura 3.

Figura 3 - Aplicação da SDI no conceito de Função Quadrática



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Para garantir a clareza sobre o fluxo da intervenção pedagógica e a distribuição do tempo didático, organizou-se um cronograma detalhando as ações realizadas em cada etapa da SDI. O Quadro 1 apresenta a estruturação das atividades, desde o levantamento inicial até a avaliação final, explicitando os momentos de inserção da tecnologia.

Quadro 1 - Cronograma das atividades

Etapa / Fase	Atividade Desenvolvida	Duração estimada
1. Diagnóstico Individual	Levantamento de concepções prévias.	15 minutos
2. Construção Coletiva	Discussão nos Grupos (G1 a G4).	20 minutos
3. Síntese e Validação	Grupo de Síntese e Plenária.	10 minutos
4. Intervenção Tecnológica	Uso demonstrativo do PhET.	25 minutos
5. Avaliação da Aprendizagem	Resolução de Situações-Problema.	40 minutos

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O desenvolvimento da atividade foi estruturado em três fases. Inicialmente, os discentes registraram individualmente suas concepções prévias sobre o tema abordado em aulas anteriores, utilizando uma folha A4, sem interação com os colegas, visando mapear suas hipóteses iniciais. Na segunda fase, os grupos discutiram as respostas individuais, com mediação docente que fomentou a argumentação e levou à elaboração de um registro escrito coletivo, posteriormente apresentado à turma. Na terceira fase, um representante de cada grupo participou de um subgrupo que, sob orientação do professor, elaborou uma síntese integradora. Essa síntese foi debatida em plenária, permitindo contribuições, ajustes e reformulações, o que favoreceu o fortalecimento de competências como argumentação, escuta ativa e valorização do raciocínio coletivo.

Para enriquecer a dinâmica, utilizou-se o simulador PhET de modo demonstrativo e dialogado. O docente mediou a exploração projetada, interagindo com os estudantes para que estes previssem e analisassem coletivamente as alterações gráficas, validando suas hipóteses por meio da visualização dinâmica.

Ao final, uma atividade prática avaliativa foi proposta, na qual os estudantes aplicaram os conceitos trabalhados. As produções foram examinadas qualitativamente, com foco na identificação de avanços conceituais, dificuldades persistentes e reformulações das ideias iniciais. A abordagem buscou como um de seus objetivos a valorização dos processos colaborativos de construção do conhecimento, sustentados pela interação mediada, pelo diálogo reflexivo e pela integração de recursos tecnológicos.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Iniciaremos esta parte apresentando os resultados derivados dos dados coletados ao longo da pesquisa, começando pela atividade intitulada SDI, onde os alunos foram solicitados a formular uma definição preliminar sobre o conceito de equações quadráticas. As respostas obtidas nesta fase estão dispostas no Quadro 2.

Quadro 2 - O conceito de equações quadráticas por cada aluno.

Alunos	Concepção inicial
A1	É uma equação de grau 2, com a diferente de 0.
A2	É uma equação de grau 2.
A3	É uma função.
A4	É uma equação que tem x ao quadrado.
A5	É quando tem o x^2 na conta e a gente usa Bhaskara pra achar o resultado.
A6	Equação quadrática é a que tem x elevado ao quadrado.
A7	É tipo quando a gente tem que usar raiz quadrada para achar o x .
A8	É aquela equação que a gente resolve com a fórmula de Bhaskara.
A9	É quando aparece o x^2 e a gente precisa achar os valores de x .
A10	É a equação que o gráfico dá uma parábola.
A11	É quando tem o x^2 e a gente usa delta pra descobrir os x .
A12	Representa uma parábola.
A13	É uma equação do segundo grau com duas raízes.
A14	É uma equação que tem a , b e c , e usa Bhaskara pra resolver.
A15	É uma equação que tem x^2 e o gráfico dela é tipo uma curva.
A16	É de grau 2, tem x^2 e dá duas respostas diferentes.
A17	Uma equação que tem o número elevado ao quadrado.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Analisando o que os participantes escreveram, percebe-se que eles têm, sim, uma noção geral correta do que é uma equação quadrática, embora o nível de profundidade e formalidade varie bastante entre eles. Muitos deles (A1, A2, A4, A6, A9, A16, A17) associam o conceito à presença do x^2 ou ao fato de ser uma "equação de segundo grau". Isso é um bom sinal, pois mostra que a definição básica foi aprendida. Houve também um grupo de alunos (A5, A8, A11, A14) que focou diretamente na solução: falaram da Fórmula Resolutiva da Equação do Segundo Grau, que eles a chamam como Bhaskara, e do Delta. Isso demonstra que eles sabem o caminho para resolver a equação, mas ao mesmo tempo sugere que, para eles, o conceito está muito amarrado ao cálculo mecânico das raízes, e não tanto ao que a equação significa.

Um terceiro grupo (A3, A10, A12, A15) foi por um caminho diferente, ligando a equação à sua forma gráfica, a parábola. Essa é uma percepção mais visual e funcional, que conversa bastante com a abordagem de função quadrática vista no Ensino Médio. No fim das contas, o cenário geral é o seguinte: os alunos conseguem reconhecer os elementos-chave (os coeficientes a , b e c , o termo x^2 , as raízes). O problema é que essa compreensão ainda parece fragmentada. Muitos dão mais importância a saber aplicar a fórmula do que a realmente interpretar o conceito ou entender seu gráfico de forma completa.

No 9º ano do Ensino Fundamental, conforme apresentado em Moderna (2022), o estudo das equações quadráticas é introduzido de forma mais contextualizada e intuitiva, priorizando a compreensão do significado do termo quadrático e sua presença em situações-problema. Nessa etapa, o foco está em reconhecer a forma geral da equação do segundo grau, identificar seus coeficientes e aplicar a fórmula de Bhaskara para encontrar as raízes, além de realizar representações gráficas básicas que introduzem a noção de parábola. Já em Paiva, Paiva e Paiva (2024), o conteúdo é aprofundado no contexto das equações polinomiais de uma forma geral, enfatizando suas propriedades analíticas e gráficas.

Com base nas ideias iniciais apresentadas pelos discentes, foram organizados encontros em grupos menores. Nessas reuniões, os participantes revisaram suas compreensões, trocaram diferentes pontos de vista e colaboraram na construção do conceito de expressões algébricas. Os resultados gerados por esses grupos estão reunidos no Quadro 3.

Quadro 3- O conceito de equações quadráticas por cada aluno

Alunos	Concepção inicial
G1	Basicamente, é uma equação de grau 2. Você sabe que é uma porque ela tem aquele termo x^2 . Se você for desenhar isso num gráfico, ela sempre forma uma curva que chamamos de parábola.
G2	A equação quadrática é aquela expressão que usa os coeficientes a , b e c . Quando a gente joga ela num gráfico, o desenho que ela forma é uma parábola.
G3	É uma função onde o x aparece elevado ao quadrado. Por causa disso, o gráfico dela não é uma reta, e sim uma parábola, que pode ser virada para cima ou para baixo.
G4	Nesse tipo de função, o valor mais importante é o x^2 . O gráfico dela sempre vai ter o formato de uma parábola, que pode ser aberta para cima ou para baixo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Ao observar as produções coletivas dos grupos, nota-se um avanço significativo em relação às concepções iniciais individuais. Os alunos, ao discutirem entre si, conseguiram articular elementos conceituais que antes apareciam de forma isolada nas respostas pessoais. Por exemplo, a presença do termo x^2 e a noção de que se trata de uma equação de segundo grau permanecem como ideias centrais, mas agora são acompanhadas por referências explícitas à forma gráfica da parábola, mostrando uma ampliação da compreensão sobre a representação visual e o comportamento da função. Esse movimento sugere que a troca de ideias favoreceu a consolidação do vínculo entre a representação algébrica e sua correspondência gráfica, aspecto essencial no estudo das funções quadráticas.

Outro ponto relevante é que os grupos passaram a utilizar uma linguagem mais formal e próxima da terminologia matemática adequada, incluindo termos como “coeficientes” e “função”. Isso evidencia um amadurecimento conceitual e indica que as interações coletivas ajudaram na apropriação de um discurso mais científico. Além disso, percebe-se uma homogeneidade maior nas respostas — possivelmente fruto da mediação docente e do trabalho colaborativo —, o que demonstra que os alunos chegaram a um consenso sobre o conceito, integrando corretamente os aspectos algébrico e geométrico. Em síntese, a etapa em grupo contribuiu para que os discentes superassem parte das concepções fragmentadas iniciais e construíssem uma compreensão mais integrada e significativa sobre o conceito de equação quadrática.

Após a exposição das definições elaboradas pelos grupos, foi formado o grupo de síntese. Cada representante apresentou ao coletivo o conceito construído por sua equipe, com o propósito de, por meio do diálogo e da mediação do professor, elaborar uma definição única e fruto da colaboração entre os participantes. O conceito resultante desse processo foi o seguinte: expressão algébrica é uma forma de representar um problema utilizando números, letras e operações, em que a letra indica um valor desconhecido ou variável. Essa construção conjunta revela avanços relevantes na compreensão do tema, mostrando que a troca de ideias e a negociação de significados entre os colegas contribuem para uma aprendizagem matemática mais consistente e significativa.

Na sequência, desenvolveu-se a etapa de revisão, empregando os simuladores apresentados na segunda seção deste trabalho. Esses recursos foram criados com o intuito de introduzir e aprofundar o estudo das funções quadráticas junto aos estudantes. Por meio deles, é possível explorar diferentes formas de organizar os elementos, evidenciando de que maneira a disposição desses componentes pode influenciar nos resultados obtidos.

Após a etapa de revisão, realizou-se a fase de avaliação da aprendizagem, na qual foram propostas três questões relacionadas às equações quadráticas. Os alunos visualizaram as perguntas em uma apresentação de PowerPoint e registraram suas respostas individualmente em uma folha A4. As questões 2.1 e 2.2, focadas na contextualização e na análise visual dos gráficos, são apresentadas na Figura 4.

Figura 4 - Lista das questões avaliativas

Lista de questões	
Questão 2.1 Crie uma situação cotidiana que possa ser representada por uma função quadrática.	
Questão 2.2 (a) $f(x) = x^2$	(b) $f(x) = x^2 + 3$
O que mudou no gráfico?	

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Dando continuidade à avaliação, a última questão propôs uma análise de afirmativas sobre as propriedades das parábolas e seus coeficientes. Esse item pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5 - Lista das questões avaliativas

Lista de questões

Questão 2.3

Leia atentamente cada afirmação e marque (V) para Verdadeiro ou (F) para Falso.

() Toda função quadrática tem um gráfico em forma de parábola.

() Se $a > 0$, a parábola é voltada para cima.

() O ponto mais alto ou mais baixo da parábola é chamado de vértice.

() Se o valor de a aumenta, a parábola fica mais “fechada”.

() Se $b = 0$, a parábola é simétrica em relação ao eixo y .

() O valor de b influencia a posição da parábola em relação ao eixo y .

() A função $f(x) = x^2 - 5x + 6$ toca o eixo x quando $x = 1$.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Na Questão 2.1, observou-se que a maioria dos alunos recorreu a contextos simples e familiares, como o lançamento de uma bola, o salto de um objeto, ou o movimento de uma bola de basquete indo em direção à cesta — exemplos frequentemente trabalhados em sala ou vistos em simulações, como no PhET “Gráfico de funções quadráticas”. Tais respostas demonstram que os estudantes conseguiram fazer uma relação entre o modelo matemático e fenômenos do mundo real, ainda que, em alguns casos, sem explicitar a correspondência entre as variáveis (altura e tempo, por exemplo). Outros alunos apresentaram respostas mais genéricas, como “quando algo sobe e desce” ou “quando desenhamos uma curva”, o que indica uma compreensão intuitiva, mas ainda pouco formal do conceito de função quadrática aplicada a situações reais.

Na Questão 2.2, muitos alunos identificaram corretamente que o gráfico foi deslocado para cima, associando a mudança ao termo “+3”. Isso mostra que parte dos estudantes comprehende o efeito do coeficiente constante na transformação do gráfico. No entanto, alguns responderam apenas que “o gráfico mudou” ou “ficou maior”, sem especificar o tipo de deslocamento, o que sugere que ainda estão em processo de associar a expressão algébrica à sua representação geométrica.

Embora as respostas apresentadas no Quadro 2 sejam sucintas, elas são representativas das concepções dos estudantes naquele momento. O fato de a maioria das definições se limitar a aspectos operacionais e omitir a relação funcional ou gráfica não deve ser visto apenas como brevidade, mas como um indicador diagnóstico de que o conceito está ancorado na algoritmização.

Logo, é razoável inferir que a concepção prévia predominante reduz o objeto função quadrática à resolução de uma equação quadrática. Os estudantes enxergam a expressão algébrica apenas como uma ferramenta de cálculo de raízes (igualada a zero), desconectada de sua natureza funcional (relação entre variáveis) e de sua representação geométrica (parábola).

Já na Questão 2.3, verificou-se melhor desempenho nos itens mais visuais e diretos, como nos dois primeiros itens. Esses conceitos são fortemente reforçados em atividades gráficas e digitais, como as realizadas com o PhET. No entanto, itens que envolvem análise mais detalhada de parâmetros, como o papel do coeficiente b na simetria e deslocamento da parábola, apresentaram maior índice de erro. Isso evidencia que os alunos ainda estão consolidando a interpretação dos coeficientes e suas

influências geométricas. A última afirmação, que envolvia o cálculo das raízes, também gerou confusão, pois muitos estudantes marcaram como verdadeira sem realizar o cálculo ou confundiram o valor correto de x .

Abaixo, temos três exemplos aleatórios das respostas geradas pelos alunos A4, A5 e A12, respectivamente. Para ilustrar a diversidade de respostas, trazemos inicialmente a produção do aluno A4, apresentada na Figura 6. Nota-se que o discente recorre a exemplos diretos, como o pouso de um avião, e oferece respostas mais sintéticas na análise gráfica.

Figura 6 - Resposta da Atividade avaliativa do discente A4

- 2.1 - Um avião pousando e depois levantando voo.
2.2 - a altura mudou.
2.3 - (v) (v) (v) (v) (v) (v) (F)

Fonte: Dados de pesquisa (2025).

Conforme se observa na Figura 7, o aluno A5 demonstrou uma compreensão mais detalhada do deslocamento vertical na segunda questão.

Figura 7 - Resposta da Atividade avaliativa do discente A5

- 2.1) UMA BOLA DE FÔTBOL VAI PARA CESTA.
2.2) O GRÁFICO (a) FOI DESLOCADO 3 UNIDADES PARA CIMA
NO EIXO Y.
2.3) (v) (v) (v) (v) (v) (F) (v)

Fonte: Dados de pesquisa (2025).

Por fim, a Figura 8 exibe a atividade do aluno A12. Ele utiliza o exemplo de um chute em uma bola de futebol para contextualizar a parábola e, na análise gráfica, identifica corretamente a elevação da curva, embora com uma linguagem menos formal.

Figura 8 - Resposta da Atividade avaliativa do discente A12

- 2.1) Um chute numa bola de futebol. Ela sobe e faz
a curva pra cair no gol.
2.2) O gráfico subiu. O (a) era igualzinho o (b) tinha
o +3, ai ele subiu 3.
2.3) (v) (v) (v) (v) (F) (v) (v)

Fonte: Dados de pesquisa (2025).

Os dados obtidos nesta investigação revelam um avanço conceitual por parte dos alunos, porém o movimento não pode ser interpretado como conclusivo ou uniforme. O estudo de Feltes e Puhl (2017) demonstrou que, mesmo em experiências com proposta de ensino significativamente estruturada, os estudantes ainda enfrentam desafios para relacionar a expressão algébrica, a representação gráfica e a contextualização dos fenômenos quando se trata de funções quadráticas.

Diante disso, conclui-se que enquanto a discussão em grupo e o uso de simuladores favoreceram a construção de um entendimento mais integrado, permanece a necessidade de sequências didáticas mais longas, diversificadas e mediadas, capazes de consolidar essa articulação entre linguagem algébrica, visualização gráfica e aplicação em situações reais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa demonstrou que a Sequência Didática Interativa (SDI), combinada com simuladores como o PhET, é uma abordagem eficaz para o ensino de equações quadráticas no 9º ano do Ensino Fundamental. A análise qualitativa revelou que os alunos evoluíram de concepções iniciais fragmentadas, muitas vezes centradas na fórmula de Bhaskara, para uma compreensão mais integrada, que incluiu a visualização gráfica e a relação com contextos reais. A interação em grupos, mediada pelo Círculo Hermenêutico-Dialético, fomentou o diálogo e a construção coletiva de significados, enquanto as ferramentas digitais enriqueceram a exploração dos conceitos.

Os resultados da avaliação destacaram avanços na aplicação prática, como na identificação de deslocamentos gráficos e na associação de funções quadráticas a fenômenos cotidianos. No entanto, persistiram dificuldades em aspectos mais analíticos, como a interpretação precisa do coeficiente b na simetria da parábola, sugerindo a necessidade de maior ênfase em exercícios que integrem cálculo e visualização. Essa abordagem não só aumentou o engajamento discente, mas também promoveu autonomia e raciocínio crítico, alinhando-se a demandas educacionais contemporâneas.

Apesar dos benefícios observados, a implementação da SDI em contextos públicos enfrenta obstáculos, como limitações de infraestrutura tecnológica e formação docente. Esses desafios reforçam a importância de adaptações locais para maximizar o impacto, especialmente em regiões com recursos escassos. A pesquisa contribui para o campo ao validar a integração de metodologias ativas com tecnologias acessíveis, oferecendo um modelo replicável para melhorar o ensino de matemática.

Em perspectiva futura, sugere-se expandir o estudo para outros níveis educacionais ou incluir análises quantitativas para medir retenção de longo prazo. Políticas educacionais que incentivem o uso de ferramentas digitais gratuitas poderiam ampliar o alcance dessa estratégia, promovendo uma educação mais inclusiva e inovadora no Brasil.

7. REFERÊNCIAS

- BAÍA, L. K.; SANTOS, D. M. dos. A utilização do GeoGebra na construção de gráficos e compreensão dos coeficientes das funções quadráticas. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, v. 8, n. 1, p. 26–39, 2019. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/saladeaula/article/view/515>. Acesso em: 5 out. 2025.

BESSA, A. R. de O.; PAULINO, O. F. Sequência didática interativa com recursos digitais para compreensão do teorema de Pitágoras em uma escola estadual do semiárido potiguar. **Revista Educar Mais**, v. 9, p. 1–18, 2025. DOI: 10.15536/reducarmais.9.2025.4164. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/4164>. Acesso em: 5 out. 2025.

BOGDAN, R. S.; BIKEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. 12. ed. Porto: Porto, 2003. Disponível em: <http://177.20.147.23:8080/handle/123456789/1119>. Acesso em: 28 set. 2025.

BUENE, B. C.; MUNGUAMBE, Y. GeoGebra como Software auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de funções quadráticas. **Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo**, v. 13, n. 1, p. 61–89, 2024. DOI: 10.23925/2237-9657.2024.v13i1p061-0089. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/IGISP/article/view/65054>. Acesso em: 2 out. 2025.

CIBOTTO, R. A. G. Dificuldades comuns no desenvolvimento de Modelagem Matemática e uso pedagógico de Tecnologias Digitais na Educação Básica. **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 17, n. 48, p. 1–26, 6 nov. 2024.

DAMIAN, Pâmela Veridiane da Silva; KAIBER, Carmen Teresa. Metodologias Ativas como estratégia para a aprendizagem significativa em Matemática. **TANGRAM – Revista de Educação Matemática**, v. 6, n. 4, p. 161–182, 2023. DOI: 10.30612/tangram.v6i4.17672. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/tangram/article/view/17672>. Acesso em: 10 out. 2025.

DIAS, Richelle Kehrle de Paula. O uso de recursos educacionais digitais como ferramenta promotora nas aulas de Matemática do Ensino Médio. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 42, 31 out. 2023. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/23/42/o-uso-de-recursos-educacionais-digitais-como-ferramenta-promotora-nas-aulas-de-matematica-do-ensino-medio>. Acesso em: 15 out. 2025.

DUVAL, Raymond; MORETTI, Mérciles Thadeu. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 266-297, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2012v7n2p266>. Acesso em: 15 jan. 2026.

FELIZARDO, Eiel; SAUER, Laurete Zanol. Modelagem matemática e a função quadrática: uma possibilidade de ensino. **Scientia cum Industria**, v. 12, n. 1, p. e231201, 2023. DOI: 10.18226/23185279.e231201. Disponível em: <https://sou.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/11893>. Acesso em: 2 out. 2025.

FELTES, Cristiana Monique; PUHL, Cassiano Scott. Gráfico da função quadrática: uma proposta de ensino potencialmente significativa. **Scientia cum Industria**, v. 4, n. 4, p. 202–206, 2017. Disponível em: <https://sou.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/4899>. Acesso em: 22 out. 2025.

METZKER, Renan Padovani. Metodologias ativas no ensino de Matemática: um caminho para o aprendizado significativo. **RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber**, v. 1, n. 1, 2025. DOI: 10.51473/rcmos.v1i1.2025.1177. Disponível em: <https://submissoesrevistarcmos.com.br/rcmos/article/view/1177>. Acesso em: 18 out. 2025.

MODERNA. SuperAção! Matemática: 9º ano: manual do professor. 1. ed. São Paulo: **Moderna**, 2022.

MOLINARI, J. R. A. Investigando o ensino de funções quadráticas com a utilização do software Geogebra. **Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo**, v. 7, n. 3, p. 3–18, 2018. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/IGISP/article/view/39548>. Acesso em: 18 out. 2025.

NASCIMENTO, Edvaldo Lopes do; SCHMIGUEL, Juliano. Referenciais teóricos-metodológicos: sequências didáticas com tecnologias no ensino de matemática na educação básica. **REnCiMa**, v. 8, n. 2, p. 115-126, 2017. Disponível em: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/509/5094444008/>. Acesso em: 28 set. 2025.

OLIVEIRA, Maria Marly de. Círculo hermenêutico-dialético como sequência didática interativa. *Interfaces Brasil/Canadá*, v. 11, n. 1, p. 235-252, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/interfaces/article/view/7173>. Acesso em: 28 set. 2025.

OLIVEIRA, M. M. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2013.

PAIVA, Manoel; PAIVA, Ewerton; PAIVA, Beto. **Moderna Plus Matemática Paiva**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2024. v. 3. (3º ano: ensino médio). ISBN 978-85-16-13988-9.

SANTOS, Edivania Augusto dos; SILVA, Sumária Sousa e; SILVA, Fernando Selleri. Ensino das funções afim e quadrática, por meio do software GeoGebra: uma formação continuada em serviço. **Revista Insignare Scientia – RIS**, v. 7, n. 4, p. 117–137, 2024. DOI: 10.36661/2595-4520.2024v7n4.14320. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/14320>. Acesso em: 10 out. 2025.

SILVA, Ana Paula Bezerra da; OLIVEIRA, Maria Marly de. A sequência didática interativa como proposta para formação de professores de matemática. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 7., 2009, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2009. ISSN 2176-6940. Disponível em: <https://livrozilla.com/doc/1549465>. Acesso em: 28 set. 2025.

SILVA, Rodrigo Sychocki da; FRANZEN, Thor. Educação popular e tecnologias digitais: uma experiência no ensino-aprendizagem de funções afins e quadráticas. # Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia, v. 9, n. 1, 2020. DOI: 10.35819/tear.v9.n1.a4000. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/4000>. Acesso em: 10 out. 2025.

SILVEIRA JUNIOR, Marcos Daniel; MARCELINO, José Antonio. Linguagens e tecnologias digitais: facilitadores no ensino matemático. **TANGRAM – Revista de Educação Matemática**, v. 5, n. 2, p. 133–149, 2022. DOI: 10.30612/tangram.v5i2.13226. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/tangram/article/view/13226>. Acesso em: 18 out. 2025.

SOARES, M. F. **Uso do simulador PhET no estudo de gráficos de funções do 2º grau**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) — Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), São Paulo, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/0103fd3c-242f-4222-941f-b2dbe23a3212>. Acesso em: 2 out. 2025.

SOUZA, T. C. de. **Explorando os aspectos gráficos e algébricos de funções quadráticas com o auxílio do software GeoGebra em uma perspectiva de representação semiótica**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) — Instituto Federal de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ifsp.edu.br/items/50f2b1b7-d9be-4cb6-8b03-cbd24daa562f>. Acesso em: 18 out. 2025.

VIEIRA, Renata Passos Machado; ALVES, Francisco Regis Vieira; CATARINO, Paula Maria Machado Cruz. Ensino da função quadrática por meio do PhET Colorado e da Engenharia Didática. **Revista de Educação Matemática**, v. 18, p. e021018, 2021. DOI: 10.37001/remat25269062v17id522. Disponível em: <https://www.revistasbemsp.com.br/index.php/REMat-SP/article/view/135>. Acesso em: 2 out. 2025.

Submissão: 25/11/2025

Aceito: 12/02/2026