

Funções Quadráticas, Gráficos e Algoritmos: potencial pedagógico do uso integrado do GeoGebra e do PhotoMath na Educação Básica

Paulo Victor Ribeiro Lima¹, Ronaldo Campelo da Costa², Guilherme Luiz de Oliveira Neto³, Luis Widney Carvalho Macêdo⁴, Ronilson da Silva⁵, José Ivan Luz Batista⁶, Zenilda de Sousa Eloi⁷, Vitória Kailany da Silva Bezerra⁸

¹Especialista, E.M. Dionísio Bom de Oliveira, Pernambuco, Brasil, E-mail: paulovictor4991@gmail.com; ²Doutor, Instituto Federal do Piauí, Piauí, Brasil, E-mail: ronaldocampelo@ifpi.edu.br; ³Doutor, Instituto Federal do Piauí, Piauí, Brasil, E-mail: guilherme@ifpi.edu.br; ⁴Especialista, E.T.I. São José, Piauí, Brasil, E-mail: dne96@hotmail.com; ⁵Especialista, C.E.T.I. São José, Piauí, Brasil, E-mail: ronilsonufpi15@hotmail.com; ⁶Especialista, E.C.T.I. Professor Crispim Coelho, Paraíba, Brasil, E-mail: ivanbatista120996@hotmail.com; ⁷Especialista, E.M. Reis Ricardino de Lima, Pernambuco, Brasil, E-mail: zenildaेलoi@gmail.com; ⁸Especialista, Escola de Aplicação Dr. Pedro Alves Batista, Pernambuco, Brasil, E-mail: vitoriakailany321@gmail.com.

<https://doi.org/10.67694/b2fn2t79>

Received: 18/06/2026 | Accepted: 23/06/2026 | Published: 01/07/2026 | Pages: 26–39

ABSTRACT

This study investigated the pedagogical potential of the integrated use of GeoGebra and PhotoMath in the teaching of quadratic functions in Basic Education, with emphasis on students in the final years of elementary school. A mixed-method, quasi-experimental design was adopted, involving two classes of 28 students each: one exposed to a technology-mediated intervention and another taught through conventional instructional practices. Data collection included diagnostic and summative assessments, perception questionnaires, and systematic classroom observations. The findings indicate that the students who used the digital tools showed advances in identifying quadratic coefficients, interpreting roots, solving equations, and understanding graphical representations. In addition to cognitive gains, the intervention favored engagement, motivation, and learning autonomy. The results suggest that the planned integration of digital technologies into mathematics teaching can support more interactive, investigative, and meaningful learning experiences while contributing to the development of competencies expected in Basic Education.

Key words: Mathematics Education; Digital Technologies;

GeoGebra; PhotoMath; Quadratic Functions

RESUMO

O presente estudo investigou o potencial pedagógico da utilização integrada do GeoGebra e do PhotoMath no ensino de funções quadráticas na Educação Básica, com ênfase em estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental. A pesquisa adotou abordagem mista, com delineamento quase experimental, envolvendo duas turmas de 28 estudantes cada: uma submetida à intervenção pedagógica mediada pelos recursos tecnológicos e outra conduzida por metodologia convencional. A coleta de dados incluiu avaliações diagnósticas e somativas, questionários de percepção e observações sistemáticas realizadas durante as atividades. Os resultados evidenciaram avanços no desempenho dos estudantes que utilizaram os recursos digitais, especialmente na identificação dos coeficientes da função quadrática, na interpretação das raízes, na resolução algébrica e na compreensão das representações gráficas. Além dos ganhos cognitivos, verificou-se aumento do engajamento, da motivação e da autonomia dos participantes durante o

processo de aprendizagem. Os achados sugerem que o uso planejado de tecnologias digitais favorece metodologias mais dinâmicas e investigativas, contribuindo para uma aprendizagem significativa e alinhada às competências previstas pela Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018).

Palavras-chave: Educação Matemática; Tecnologias Digitais; GeoGebra; PhotoMath; Funções Quadráticas

INTRODUÇÃO

A Matemática desempenha um papel fundamental na formação científica e tecnológica dos estudantes, contribuindo diretamente para o desenvolvimento do raciocínio lógico, da capacidade de resolução de problemas e da interpretação de situações cotidianas. Apesar de sua inegável importância, o ensino dessa disciplina ainda enfrenta sérios desafios relacionados aos elevados índices de dificuldades de aprendizagem, especialmente em conteúdos que exigem maior nível de abstração, como as funções quadráticas. Em muitas escolas, a abordagem tradicional – baseada predominantemente na exposição teórica e na resolução repetitiva de exercícios – tem se mostrado insuficiente para promover uma aprendizagem significativa e duradoura.

Nos últimos anos, a ampliação do acesso às Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) abriu novas possibilidades para a renovação das práticas pedagógicas, favorecendo metodologias mais interativas e centradas no estudante (Lima; Rocha, 2022). Softwares educacionais, aplicativos para dispositivos móveis e ambientes virtuais passaram a integrar o cotidiano escolar, oferecendo recursos que estimulam a experimentação, a visualização de conceitos e a aprendizagem baseada na investigação. No contexto da Educação Matemática, essas ferramentas permitem que o aluno explore diferentes representações de um mesmo objeto matemático, potencializando processos de visualização e experimentação (Cruz, 2024) ao estabelecer conexões dinâmicas entre expressões algébricas, tabelas, gráficos e situações-problema.

Entre as tecnologias disponíveis para esse fim, destacam-se o GeoGebra e o PhotoMath, ferramentas que têm sido amplamente utilizadas para apoiar a aprendizagem por meio de representações dinâmicas e da resolução orientada de problemas (Conceição; Zamperetti, 2021; Santiago; Santos, 2025). O GeoGebra possibilita a construção geométrica e gráfica, permitindo ao aluno manipular parâmetros e observar, em tempo real, as alterações produzidas nas funções. Já o PhotoMath oferece recursos de reconhecimento de expressões matemáticas e a apresentação detalhada das etapas de resolução, funcionando como um instrumento de apoio para a conferência de cálculos, identificação de erros e compreensão de procedimentos algébricos. Quando utilizados de forma planejada, esses recursos reduzem o caráter abstrato das funções quadráticas, favorecendo tanto o desempenho acadêmico quanto o desenvolvimento da autonomia dos estudantes.

Essa transição para o ecossistema digital responde às transformações sociais e culturais que caracterizam a sociedade contemporânea. Como os estudantes convivem diariamente com dispositivos móveis, torna-se imperativo incorporar tais recursos ao ambiente escolar de maneira crítica e orientada. Nesse cenário, o professor assume o papel central de mediador, selecionando estratégias que utilizem a tecnologia não apenas para automatizar procedimentos mecânicos, mas para

estimular a reflexão, a argumentação e a construção ativa do conhecimento.

A necessidade dessa mediação tecnológica tornou-se evidente nos dados preliminares que fundamentam esta pesquisa. O diagnóstico inicial realizado no âmbito da dissertação que originou este artigo identificou que muitos estudantes apresentavam severas limitações na identificação dos coeficientes das funções quadráticas, na interpretação de raízes, na compreensão do plano cartesiano e na resolução de problemas contextualizados envolvendo equações do segundo grau. Os elevados índices de respostas incorretas ou em branco evidenciaram lacunas conceituais que comprometiam o avanço para conteúdos mais complexos, justificando a urgência de uma intervenção pedagógica baseada no uso integrado do GeoGebra e do PhotoMath.

Diante desse cenário, o problema de pesquisa que orienta este estudo consiste em investigar: de que maneira a utilização integrada do GeoGebra e do PhotoMath influencia o ensino e a aprendizagem das funções quadráticas em turmas dos anos finais do Ensino Fundamental, no contexto da Educação Básica pública? Busca-se compreender se essas ferramentas contribuem para a melhoria do desempenho dos estudantes, para o fortalecimento da compreensão conceitual e para o aumento do engajamento nas atividades em sala de aula.

A relevância desta investigação decorre da necessidade de produzir evidências empíricas sobre práticas pedagógicas inovadoras que possam subsidiar professores e gestores educacionais na integração de tecnologias ao currículo matemático. Em um contexto em que as competências relacionadas ao uso crítico das TDIC ganham cada vez mais espaço nas políticas educacionais nacionais, pesquisar metodologias que articulem recursos digitais e aprendizagem ativa torna-se essencial para aprimorar a qualidade do ensino básico.

Para responder a essa problemática, o objetivo geral do estudo é analisar o potencial pedagógico do uso integrado do GeoGebra e do PhotoMath no ensino de funções quadráticas para estudantes da Educação Básica. Especificamente, pretende-se: identificar as principais dificuldades apresentadas pelos alunos antes da intervenção; avaliar os efeitos da utilização das ferramentas digitais sobre o desempenho acadêmico; analisar a percepção dos participantes quanto ao uso dessas tecnologias; e discutir as contribuições de tais estratégias para o desenvolvimento de práticas inovadoras na Educação Matemática.

REFERENCIAL TEÓRICO

Tecnologias digitais e a transformação do ensino de Matemática

As transformações tecnológicas ocorridas nas últimas décadas modificaram significativamente a forma como o conhecimento é produzido, compartilhado e acessado. No campo educacional, essas mudanças têm impulsionado a adoção de recursos digitais capazes de tornar os processos de ensino e aprendizagem mais dinâmicos, colaborativos e centrados no estudante. No ensino de Matemática, em particular, a utilização de *softwares* educacionais, aplicativos móveis e plataformas interativas tem possibilitado novas formas de representar conceitos abstratos, favorecendo a experimentação e a construção ativa do conhecimento. Diversos estudos apontam que a incorporação planejada das tecnologias digitais amplia as possibilidades metodológicas do professor e favorece

processos de aprendizagem mais ativos e colaborativos (Lima; Rocha, 2022; Machado; Rodrigues, 2020).

Pesquisas contemporâneas ressaltam que, no contexto pós-pandemia e na consolidação da cultura digital escolar, os dispositivos móveis deixaram de ser meros distratores e assumiram uma função essencial na superação de barreiras de abstração inerentes à Álgebra (Santos; Silva, 2024). A convergência entre aplicativos de resolução procedimental e softwares de geometria dinâmica cria um ecossistema de aprendizagem híbrido que atende a diferentes ritmos de estudo. De acordo com Oliveira e Melo (2025), o grande diferencial das ferramentas digitais no ensino básico não reside no automatismo das respostas, mas sim no estímulo ao espírito investigativo, pois o estudante é instigado a formular hipóteses ao confrontar resultados analíticos com demonstrações visuais imediatas.

Ademais, a literatura recente enfatiza a necessidade de integrar as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) a partir de propostas pedagógicas estruturadas, evitando o uso meramente instrumental ou recreativo. Conforme apontam Pereira e Lopes (2024), a eficácia das plataformas digitais na Educação Matemática está diretamente associada ao desenvolvimento da fluência tecnológica e crítica dos estudantes, permitindo que eles transitem entre representações algébricas, numéricas e gráficas de forma consciente. Dessa forma, as ferramentas atuam como andaimes cognitivos que auxiliam a reduzir a ansiedade matemática e a impulsionar a autonomia investigativa na resolução de problemas complexos.

Entretanto, a simples inserção de tecnologias no ambiente escolar não garante melhorias na aprendizagem. Seu

potencial pedagógico depende da existência de planejamento didático, definição clara de objetivos educacionais e mediação docente qualificada. A tecnologia deve ser compreendida como um recurso que amplia as possibilidades metodológicas do professor, permitindo que diferentes estratégias sejam empregadas para atender às necessidades dos estudantes e estimular o pensamento crítico.

Além disso, a incorporação das tecnologias digitais contribui para aproximar o ambiente escolar das práticas cotidianas vivenciadas pelos alunos, favorecendo a contextualização dos conteúdos e aumentando o interesse pelas atividades propostas. Quando utilizadas de forma crítica e planejada, essas ferramentas podem promover ambientes de aprendizagem mais investigativos e colaborativos, nos quais o estudante assume papel ativo na construção do conhecimento.

Em suma, a transição do modelo puramente abstrato para uma dinâmica visual e procedimental reconfigura a própria ecologia da sala de aula. Ao articular o dinamismo geométrico do GeoGebra com a validação analítica passo a passo do PhotoMath, o espaço escolar deixa de ser um ambiente de recepção passiva e transforma-se em um laboratório de experimentação matemática, configurando-se em um espaço ativo mediado por tecnologias digitais (Figura 1). Essa integração materializa-se na organização de ambientes de aprendizagem colaborativos, onde os estudantes, dispostos em equipes e munidos de dispositivos digitais, deixam de ser meros espectadores para atuar como investigadores ativos. O erro perde seu caráter punitivo e passa a ser uma variável de controle pedagógico, visível e manipulável em tempo real nas telas e nos debates entre os pares.

Figura 1 – Configuração espacial e interações em uma sala de aula ativa mediada por TDIC.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Sob essa perspectiva, a atuação docente se consolida como o eixo de sustentação dessa engenharia didática. Longe de ser substituído pela automação dos aplicativos, o professor assume a regência desse ecossistema híbrido, circulando entre

os grupos, propondo contraexemplos e instigando os alunos a justificar formalmente o comportamento das parábolas e de seus coeficientes. Essa sinergia entre mediação humana qualificada e recursos digitais cria o cenário ideal para uma

aprendizagem verdadeiramente significativa: uma sala de aula viva, conectada com a realidade tecnológica do século XXI e focada no desenvolvimento do protagonismo, da autonomia e do rigor científico dos estudantes.

O ensino das funções quadráticas e seus desafios

As funções quadráticas constituem um dos conteúdos centrais da Álgebra escolar e servem de base para diversos temas estudados em etapas posteriores da formação matemática. Sua aplicação está presente em problemas envolvendo modelagem, otimização, física, economia e diversas áreas das ciências exatas, evidenciando sua relevância para a formação acadêmica dos estudantes.

Apesar dessa importância, o ensino desse conteúdo frequentemente apresenta dificuldades relacionadas à elevada abstração dos conceitos envolvidos. Muitos alunos demonstram limitações para identificar coeficientes, interpretar o significado das raízes, compreender o papel do discriminante e estabelecer relações entre expressões algébricas e representações gráficas. Em consequência, acabam memorizando fórmulas sem desenvolver compreensão efetiva sobre os fenômenos matemáticos descritos pelas funções quadráticas.

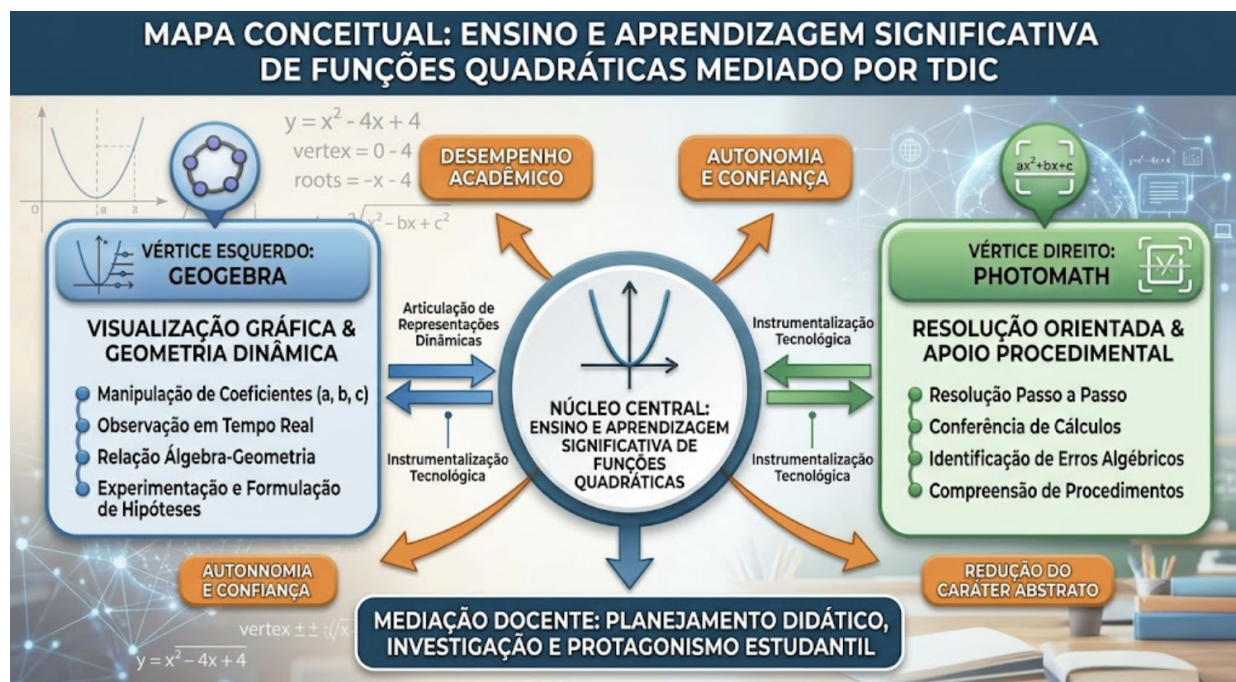
Estudos recentes apontam que um dos principais nós cognitivos no aprendizado das funções quadráticas reside na transição entre os diferentes registros de representação semiótica (Almeida; Costa, 2024). A incapacidade de coordenar o registro algébrico (a equação e seus coeficientes) com o registro gráfico (a parábola no plano cartesiano) faz com que o estudante enxergue o conteúdo de forma fragmentada. Conforme discute Barbosa (2025), o aluno frequentemente domina

a aplicação mecânica da Fórmula de Bhaskara, mas fracassa ao tentar associar as raízes encontradas aos pontos de interseção da curva com o eixo das abscissas, evidenciando uma lacuna entre a execução algorítmica e a apreensão conceitual.

Somado a isso, as barreiras linguísticas e de contextualização impõem sérios obstáculos nos anos finais do Ensino Fundamental. De acordo com Mendes e Carvalho (2024), a falta de familiaridade dos estudantes com problemas que demandam a modelagem de fenômenos reais sabota o interesse pela disciplina, tornando a parábola um constructo puramente teórico e geométrico desprovido de sentido prático. Quando os enunciados exigem a interpretação de conceitos de máximo ou mínimo aplicados a situações cotidianas, como o cálculo de lucro ou trajetórias de projéteis, as dificuldades de leitura e de conversão da linguagem materna para a linguagem algébrica tornam-se ainda mais evidentes.

Ademais, a literatura contemporânea critica a persistência de metodologias lineares e estáticas que negligenciam o aspecto dinâmico intrínseco às funções. Ribeiro e Souza (2026) argumentam que abordar as funções quadráticas sem o auxílio de ferramentas digitais que permitam a manipulação paramétrica limita a percepção do estudante sobre como a variação dos coeficientes a , b e c altera a concavidade, a translação e o deslocamento da curva. Sem essa experimentação visual, os discentes tendem a encarar o gráfico como um desenho estático a ser memorizado, obstruindo o desenvolvimento do pensamento funcional e o senso de investigação matemática. Nesse sentido, a Figura 2 sintetiza a articulação entre visualização gráfica, resolução algébrica, mediação docente e protagonismo estudantil na proposta desenvolvida.

Figura 2 – Mapa conceitual da integração do GeoGebra e PhotoMath no ensino de funções quadráticas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

A investigação desenvolvida na dissertação que fundamenta este artigo evidenciou precisamente esse cenário. O diagnóstico inicial revelou que grande parte dos estudantes apresentava dificuldades em reconhecer características básicas

das funções quadráticas, bem como em resolver problemas contextualizados que exigiam interpretação e aplicação dos conceitos estudados. Tais resultados reforçam a necessidade de metodologias capazes de promover aprendizagem mais

significativa e reduzir a distância entre teoria e prática.

GeoGebra como recurso para visualização matemática

O GeoGebra consolidou-se como uma das principais ferramentas tecnológicas voltadas ao ensino da Matemática, por integrar recursos de geometria dinâmica, álgebra, estatística e cálculo em um único ambiente computacional. Sua principal característica consiste na atualização simultânea das representações algébricas, gráficas e numéricas, permitindo ao estudante observar, de forma imediata, os efeitos das modificações realizadas em parâmetros, expressões matemáticas ou objetos geométricos.

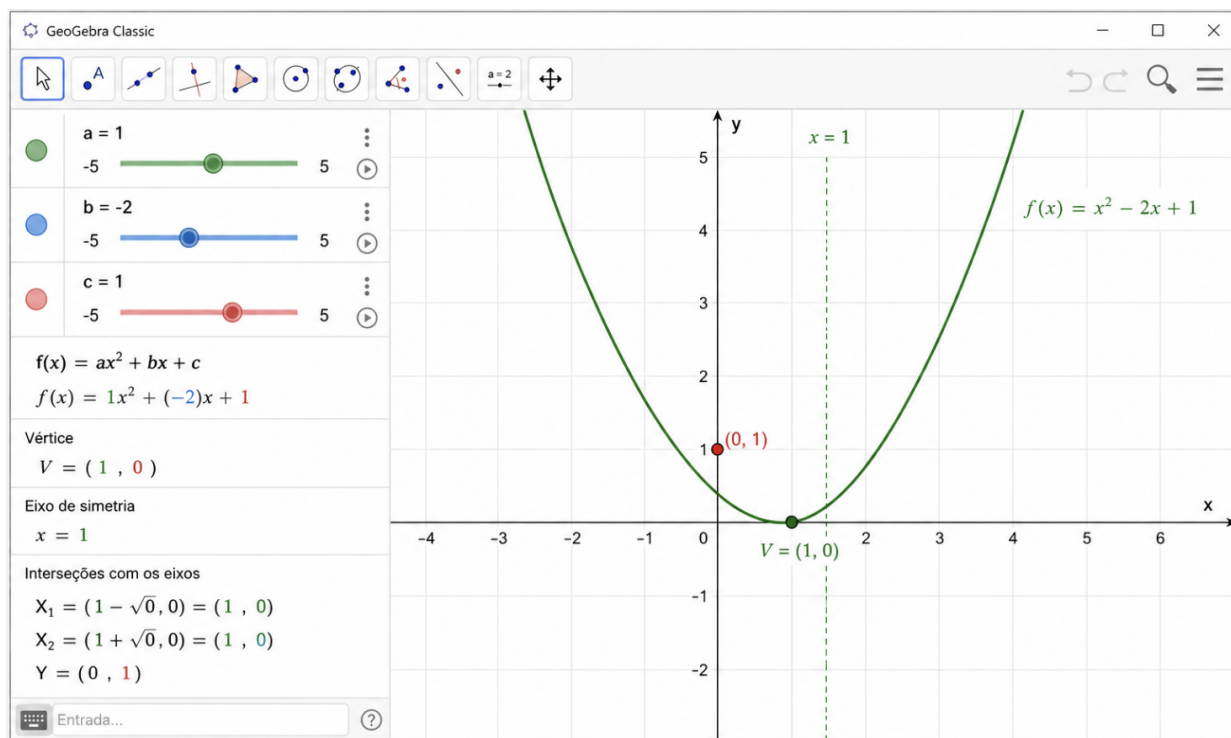
No estudo das funções quadráticas, essa funcionalidade assume papel particularmente relevante. A alteração dos coeficientes da função permite visualizar mudanças na abertura da parábola, em sua concavidade, na posição do vértice e nas interseções com os eixos coordenados. Dessa forma, conceitos frequentemente tratados apenas de maneira simbólica passam a ser explorados também por meio de representações visuais e dinâmicas, favorecendo uma compreensão mais ampla dos significados matemáticos envolvidos. Tais possibilidades contribuem para superar dificuldades decorrentes de abordagens excessivamente procedimentais, nas quais os estudantes ten-

dem a memorizar fórmulas sem compreender plenamente suas relações conceituais (Macedo; Souza, 2023).

Outro aspecto importante refere-se ao caráter investigativo proporcionado pelo software. Em vez de apenas reproduzir procedimentos previamente apresentados pelo professor, o estudante pode formular hipóteses, testar diferentes valores para os coeficientes e analisar padrões observados nos gráficos, favorecendo a construção do raciocínio matemático e o desenvolvimento da autonomia intelectual.

Pesquisas recentes indicam que o GeoGebra favorece a compreensão de conceitos abstratos por meio da articulação entre diferentes representações matemáticas. Buene e Mungambe (2024), ao analisarem o uso do GeoGebra no contexto da Educação STEAM para o estudo de funções quadráticas, destacam que o software possibilita uma aprendizagem mais ativa, interativa e significativa, ao aproximar teoria e prática em situações exploratórias. Nesse sentido, o ambiente dinâmico do GeoGebra (Figura 3) contribui para que o estudante deixe de ocupar uma posição meramente receptiva e passe a participar da construção do conhecimento matemático, manipulando objetos, observando regularidades e estabelecendo relações entre expressão algébrica e representação gráfica.

Figura 3 – Interface do GeoGebra no estudo da função quadrática



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do GeoGebra, 2026.

De modo semelhante, Gurmu, Tuge e Hunde (2024) evidenciam que metodologias apoiadas pelo GeoGebra podem favorecer a compreensão conceitual em Matemática, especialmente por estimularem a participação ativa, a visualização e a autonomia dos estudantes. No caso das funções quadráticas, esse potencial torna-se particularmente expressivo, uma vez que a manipulação dos coeficientes permite observar, em tempo real, como cada parâmetro interfere no comportamento da parábola. Assim, o uso pedagógico do GeoGebra não deve ser compreendido apenas como recurso complementar, mas

como uma estratégia didática capaz de promover investigação, experimentação e reflexão sobre os conceitos matemáticos estudados.

Dessa forma, os estudos recentes indicam que o GeoGebra pode favorecer a integração entre representações algébricas e gráficas, contribuindo para o desenvolvimento do raciocínio matemático e para uma participação mais ativa dos estudantes (Cruz, 2024; Buene; Mungambe, 2024; Gurmu; Tuge; Hunde, 2024; Santiago; Santos, 2025).

PhotoMath e o apoio à aprendizagem algébrica

O PhotoMath representa uma categoria distinta de ferramenta educacional por oferecer suporte à resolução passo a passo de expressões e equações matemáticas. Por meio de tecnologias de reconhecimento óptico de caracteres, conhecidas como OCR (*Optical Character Recognition*), o aplicativo identifica problemas apresentados pelo usuário a partir da câmera do dispositivo móvel e exibe, de forma clara e organizada, os procedimentos necessários para a obtenção da solução. Essa funcionalidade permite que o estudante acompanhe o raciocínio algébrico envolvido na resolução, favorecendo a compreensão dos procedimentos utilizados.

Reconhece-se, contudo, o risco de uso inadequado da ferramenta quando empregada apenas para a obtenção de respostas prontas, sem o devido engajamento cognitivo do estudante. No entanto, quando inserido em um contexto pedagógico supervisionado, o PhotoMath pode tornar-se um importante aliado no processo de aprendizagem. Ao comparar sua própria resolução com as etapas apresentadas pelo aplicativo, o estudante tem a oportunidade de identificar equívocos de cálculo, revisar os procedimentos adotados e compreender estratégias alternativas para resolver um mesmo problema, promovendo maior autonomia e reflexão sobre o próprio raciocínio matemático.

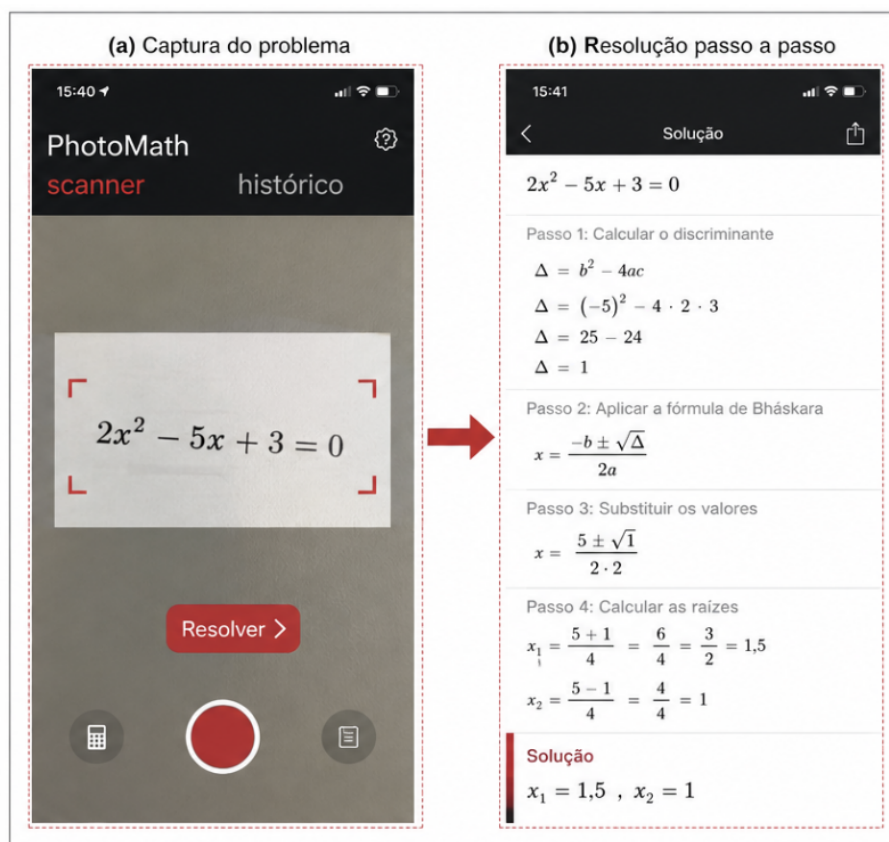
Na intervenção analisada neste estudo, o PhotoMath de-

sempenhou papel complementar ao GeoGebra. Enquanto o GeoGebra favorecia a visualização gráfica e a compreensão conceitual das funções quadráticas, o PhotoMath auxiliava na consolidação dos procedimentos algébricos, permitindo que os estudantes verificassem suas resoluções, comparassem diferentes métodos e refletissem sobre possíveis erros cometidos.

Quando utilizado como ferramenta de apoio e não como substituto do raciocínio matemático, o PhotoMath pode contribuir significativamente para a revisão de procedimentos, para a organização do pensamento algébrico e para a identificação de erros durante a resolução de problemas (Conceição; Zamperetti, 2021).

Estudos recentes reforçam o potencial pedagógico de aplicativos de resolução matemática baseados em reconhecimento óptico e apresentação de soluções passo a passo. Silva e Lima (2024), ao investigarem o uso do PhotoMath (Figura 4) como recurso de apoio no ensino de álgebra, destacam que o aplicativo pode favorecer o engajamento dos estudantes e a compreensão dos procedimentos algébricos, especialmente quando utilizado em atividades orientadas pelo professor. Nessa perspectiva, o aplicativo deixa de ser apenas um mecanismo de obtenção de respostas e passa a assumir função mediadora no processo de aprendizagem, desde que seu uso seja acompanhado de questionamentos, registros e discussões sobre as etapas apresentadas.

Figura 4 – Interface do PhotoMath na resolução de uma equação do 2º grau



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do PhotoMath, 2026.

De forma semelhante, Nascimento, Alves e Pereira (2024) ressaltam que tecnologias digitais voltadas à aprendizagem matemática podem contribuir para a aprendizagem significativa quando associadas a práticas pedagógicas que estimulem o aluno a interpretar, analisar e justificar os procedimentos utilizados. No caso do PhotoMath, esse potencial manifesta-se na possibilidade de o estudante confrontar sua resolução com a solução apresentada pelo aplicativo, revisar erros e desenvolver maior controle sobre os próprios processos de aprendizagem. Dessa maneira, o PhotoMath pode ser compreendido como um recurso didático que, quando explorado criticamente, contribui para o desenvolvimento da competência algébrica, da autonomia intelectual e da autorregulação da aprendizagem.

Aprendizagem significativa e mediação pedagógica

A utilização de tecnologias digitais no ensino de Matemática encontra respaldo em abordagens pedagógicas que valorizam a aprendizagem ativa e a construção significativa do conhecimento. Sob essa perspectiva, novos conceitos são assimilados com maior profundidade quando conseguem estabelecer relações com conhecimentos previamente adquiridos e quando o estudante participa ativamente da resolução de problemas e da investigação de situações concretas.

Nesse contexto, a mediação do professor permanece indispensável. Cabe ao docente organizar situações didáticas que estimulem questionamentos, promovam discussões coletivas e orientem o uso adequado das ferramentas digitais, evitando que sejam empregadas apenas como mecanismos automáticos de resolução. A tecnologia torna-se, assim, um instrumento de apoio à aprendizagem, potencializando práticas pedagógicas inovadoras sem substituir a interação humana e o desenvolvimento do raciocínio crítico.

A experiência relatada na dissertação demonstra que a combinação entre explicações teóricas, atividades práticas e exploração orientada dos softwares possibilitou aos estudantes estabelecer conexões entre diferentes representações matemáticas, fortalecendo sua compreensão sobre funções quadráticas e ampliando sua participação nas atividades desenvolvidas em sala de aula.

Nesse contexto, o professor continua desempenhando papel central como mediador das interações entre estudante, tecnologia e conhecimento matemático, organizando situações que favoreçam a aprendizagem significativa e a reflexão crítica (Biasotto et al., 2020).

Estudos sobre tecnologias educacionais e desempenho dos estudantes

Pesquisas na área da Educação Matemática têm apontado que ambientes digitais interativos favorecem o desenvolvimento da visualização espacial, da capacidade de experimentação e da resolução de problemas. Tais benefícios tornam-se particularmente evidentes quando os recursos tecnológicos são integrados ao planejamento pedagógico e utilizados para promover investigação, colaboração e reflexão. Revisões recentes também indicam que as tecnologias digitais, quando articuladas a objetivos didáticos claros, ampliam as possibilidades de representação e exploração matemática em diferentes contextos escolares (Ferreira et al., 2025; Felcher; Cavalheiro, 2026).

No caso específico desta pesquisa, a utilização conjunta do GeoGebra e do PhotoMath permitiu explorar dimensões complementares do aprendizado. A visualização dinâmica

dos gráficos contribuiu para consolidar conceitos relacionados ao comportamento das funções, enquanto o detalhamento das resoluções algébricas fortaleceu a compreensão procedimental. Essa integração favoreceu uma abordagem mais abrangente do conteúdo, permitindo que os estudantes relacionassem aspectos simbólicos, gráficos e práticos das funções quadráticas.

Assim, o conjunto de evidências apresentado ao longo deste referencial teórico sustenta a hipótese de que o uso planejado de tecnologias digitais pode representar uma estratégia eficaz para aprimorar o ensino de Matemática, especialmente em conteúdos caracterizados por elevado grau de abstração e tradicionalmente associados a dificuldades de aprendizagem.

MÉTODO

Delineamento da pesquisa

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo aplicado, de natureza descritiva e explicativa, desenvolvido por meio de abordagem metodológica mista, integrando procedimentos quantitativos e qualitativos. A adoção dessa abordagem justifica-se pela necessidade de articular evidências quantitativas de desempenho com análises qualitativas das experiências vivenciadas pelos participantes durante a intervenção pedagógica. A escolha desse delineamento permitiu avaliar tanto os efeitos mensuráveis da intervenção sobre o desempenho dos estudantes quanto aspectos relacionados às percepções, ao engajamento e às experiências vivenciadas durante o processo de aprendizagem.

O estudo foi conduzido com delineamento quase experimental, utilizando dois grupos distintos: a Turma A, definida como grupo experimental e submetida à intervenção com GeoGebra e PhotoMath durante o desenvolvimento do conteúdo de funções quadráticas; e a Turma B, definida como grupo de comparação e conduzida por metodologia convencional. A ausência de randomização dos participantes justifica a classificação do estudo como quase experimental.

Contexto da pesquisa e participantes

A investigação foi realizada em uma escola pública de anos finais do Ensino Fundamental, envolvendo estudantes regularmente matriculados em duas turmas equivalentes. Cada turma era composta por aproximadamente vinte e oito alunos, totalizando cinquenta e seis participantes.

As turmas apresentavam características semelhantes quanto à faixa etária, ao nível de escolaridade e ao conteúdo curricular estudado. Antes do início da intervenção, foi aplicado um instrumento diagnóstico para identificar o conhecimento prévio dos estudantes sobre funções quadráticas, permitindo verificar que ambos os grupos possuíam dificuldades comparáveis em relação aos principais conceitos abordados.

Planejamento da intervenção pedagógica

A intervenção foi estruturada para integrar atividades expositivas, resolução de problemas, exploração gráfica e utilização orientada de recursos tecnológicos. O planejamento buscou promover a articulação entre conceitos algébricos e representações visuais, estimulando a investigação matemática e a participação ativa dos estudantes.

Inicialmente, foram apresentados conceitos fundamentais relacionados às funções quadráticas, incluindo identificação dos coeficientes, cálculo das raízes, interpretação do discriminante e construção de gráficos. Em seguida, os estudantes

da turma experimental passaram a utilizar o GeoGebra para visualizar dinamicamente o comportamento das parábolas e analisar os efeitos das alterações nos coeficientes da função.

Paralelamente, o PhotoMath foi empregado como ferramenta complementar para apoiar a resolução de equações, permitindo que os alunos comparassem suas estratégias de cálculo com as soluções detalhadas fornecidas pelo aplicativo. Durante todas as atividades, o professor desempenhou papel de mediador, incentivando discussões, esclarecendo dúvidas e estimulando a interpretação crítica dos resultados produzidos pelas ferramentas digitais.

Instrumentos de coleta de dados

Para avaliar os efeitos da intervenção pedagógica, foram utilizados diferentes instrumentos de coleta de dados:

O primeiro consistiu em um pré-teste aplicado antes do início das atividades, elaborado com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca das funções quadráticas. As questões contemplaram reconhecimento de coeficientes, resolução de equações, identificação de raízes, interpretação gráfica e problemas contextualizados.

Após o desenvolvimento da intervenção, foi aplicado um pós-teste com estrutura semelhante, possibilitando comparar o desempenho dos participantes antes e depois da utilização dos recursos tecnológicos.

Além das avaliações objetivas, foram empregados questionários de percepção destinados a identificar a opinião dos estudantes sobre o uso do GeoGebra e do PhotoMath no processo de aprendizagem. Também foram realizados registros sistemáticos de observação durante as aulas, contemplando aspectos relacionados à participação, interação entre colegas, autonomia, interesse e envolvimento nas atividades.

Procedimentos de análise dos dados

Os dados quantitativos foram organizados por questão e classificados em três categorias: respostas corretas, respostas incorretas e ausência de resposta. A comparação entre os resultados do pré-teste e do pós-teste permitiu identificar alterações no desempenho acadêmico dos estudantes e avaliar possíveis contribuições da intervenção pedagógica.

Os dados qualitativos provenientes das observações e dos questionários foram submetidos à análise interpretativa, buscando identificar padrões recorrentes relacionados ao comportamento dos participantes, às dificuldades encontradas e às percepções sobre o uso das tecnologias digitais.

A integração entre evidências quantitativas e qualitativas possibilitou uma compreensão mais ampla dos efeitos da utilização do GeoGebra e do PhotoMath, permitindo analisar não apenas a evolução do desempenho escolar, mas também aspectos ligados à motivação, ao desenvolvimento da autonomia e ao fortalecimento da aprendizagem significativa.

Aspectos éticos e limitações

A pesquisa foi conduzida em ambiente escolar respeitando os princípios éticos aplicáveis às investigações educa-

cionais, assegurando o caráter pedagógico das atividades e preservando a identidade dos participantes na divulgação dos resultados.

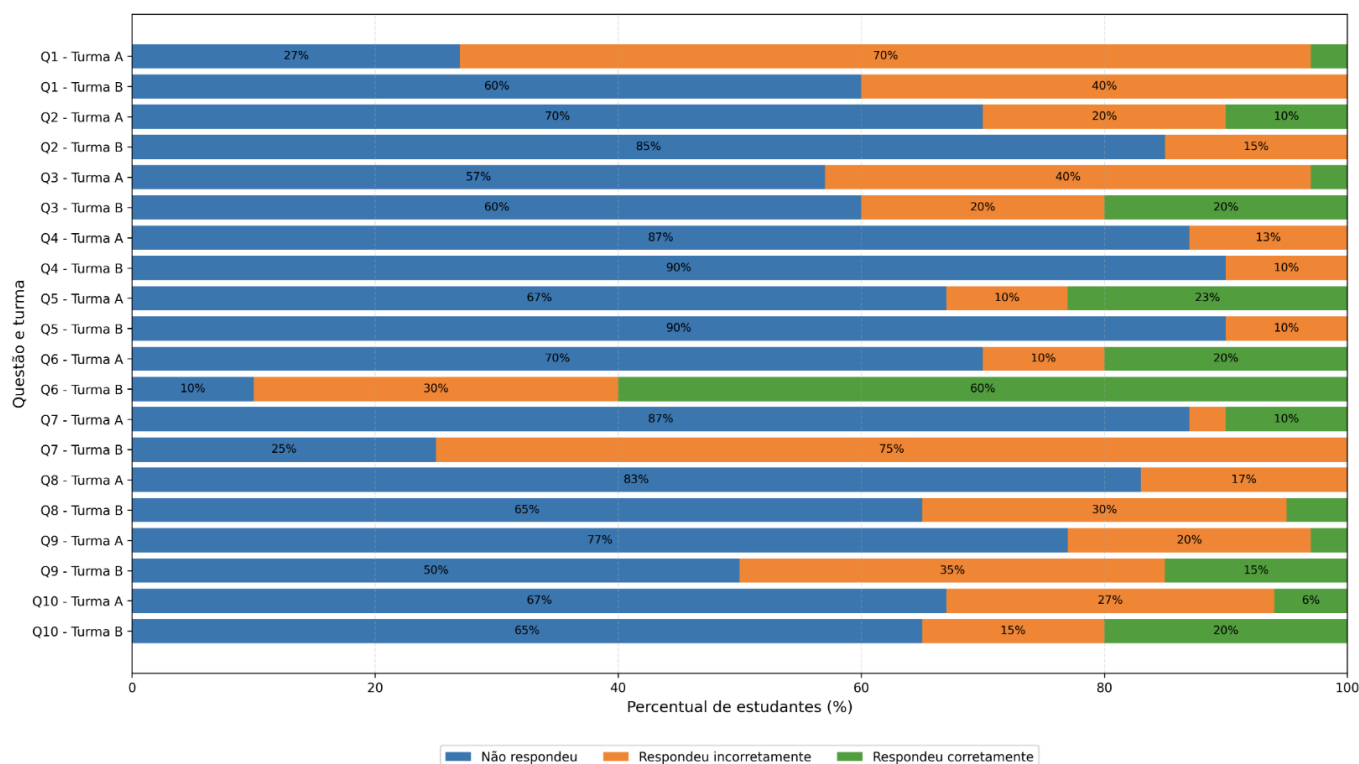
RESULTADOS

Diagnóstico inicial dos conhecimentos prévios

Os resultados do pré-teste evidenciaram que os estudantes das duas turmas apresentavam dificuldades significativas em relação aos conceitos fundamentais das funções quadráticas. A análise das respostas revelou limitações na identificação dos coeficientes da função, na interpretação das raízes, na resolução algébrica de equações quadráticas e na compreensão das representações gráficas no plano cartesiano. A análise do gráfico referente aos resultados do pré-teste evidencia um desempenho inicial bastante limitado dos estudantes das Turmas A e B nas questões propostas. De modo geral, observa-se predominância da categoria “Não respondeu” na maior parte das questões, o que indica não apenas dificuldades conceituais, mas também possível insegurança dos alunos diante dos conteúdos avaliados. Esse resultado sugere que, antes da intervenção pedagógica, muitos estudantes ainda não se sentiam preparados para mobilizar conhecimentos relacionados à identificação de termos, conceito de raiz, resolução algébrica, relação entre coeficientes, construção de equações e interpretação de gráficos.

Na Turma A, os maiores percentuais de ausência de resposta aparecem nas questões 4, 7 e 8, com índices próximos ou superiores a 80%. Esses dados indicam dificuldades mais acentuadas em tópicos que exigem compreensão da relação entre os coeficientes da função quadrática, análise do sinal do coeficiente e construção de equações simples. Embora a Turma A apresente alguns acertos nas questões 2, 5, 6, 7, 9 e 10, os percentuais de respostas corretas permanecem baixos, com destaque apenas para a questão 5, na qual aproximadamente 23% dos estudantes responderam corretamente. Esse resultado aponta que problemas contextualizados podem ter favorecido uma melhor tentativa de resolução por parte de alguns alunos, ainda que o desempenho geral continue insuficiente.

Na Turma B, também se verifica elevado percentual de questões não respondidas, especialmente nas questões 2, 4, 5 e 7. Entretanto, a turma apresenta melhor desempenho relativo na questão 6, relacionada à identificação do tipo de equação, com cerca de 60% de respostas corretas. Esse dado indica que, nesse item específico, os estudantes demonstraram maior familiaridade com o reconhecimento da estrutura da equação quadrática. Também se observam percentuais de acerto nas questões 3, 9 e 10, ainda que de forma moderada, sugerindo que parte dos alunos conseguiu mobilizar conhecimentos ligados à resolução algébrica, substituição de valores e classificação gráfica. Outro aspecto relevante refere-se ao alto índice de respostas incorretas em algumas questões. Na Turma A, a questão 1 apresenta aproximadamente 70% de respostas incorretas, revelando dificuldade expressiva na identificação dos termos da função quadrática.

Gráfico 1 – Resultados do Pré-teste – Distribuição das respostas por questão e turma

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Na Turma B, destaca-se a questão 7, com elevado percentual de respostas incorretas, indicando possível fragilidade na compreensão do sinal do coeficiente e de suas implicações no comportamento da parábola. Esse tipo de erro é pedagogicamente significativo, pois revela que alguns estudantes tentaram resolver as questões, mas ainda apresentavam compreensão conceitual inadequada.

De modo geral, o gráfico evidencia que o pré-teste cumpriu uma função diagnóstica importante, pois permitiu identificar os principais pontos de dificuldade das turmas antes da intervenção. Os dados revelam baixos percentuais de acertos, altos índices de não resposta e presença significativa de erros em conceitos fundamentais sobre funções quadráticas. Esses resultados justificam a necessidade de uma proposta pedagógica apoiada em recursos tecnológicos, como o GeoGebra e o PhotoMath, com o objetivo de favorecer a visualização gráfica, a compreensão conceitual, a revisão de procedimentos algébricos e o aumento da participação dos estudantes nas atividades matemáticas.

Desempenho nas atividades de resolução algébrica

Nas questões relacionadas à resolução de equações do segundo grau, verificou-se que muitos estudantes conseguiam reconhecer parcialmente a estrutura algébrica das expressões, mas apresentavam dificuldades na determinação correta das raízes. Erros recorrentes incluíram a consideração de apenas uma solução para equações que admitiam duas raízes reais, a omissão de valores negativos e o emprego inadequado de procedimentos operatórios.

Durante a intervenção, o uso do PhotoMath permitiu que

os estudantes comparassem suas resoluções com as etapas apresentadas pelo aplicativo, favorecendo a identificação de equívocos e a revisão dos procedimentos adotados. Ao final das atividades, observou-se redução expressiva desses erros na turma experimental, acompanhada por maior segurança na execução dos cálculos e melhor compreensão das estratégias utilizadas.

Compreensão das representações gráficas

As atividades desenvolvidas com o GeoGebra contribuíram para ampliar a compreensão das relações entre os coeficientes das funções quadráticas e o comportamento das parábolas. Inicialmente, muitos estudantes demonstravam dificuldades para interpretar conceitos como concavidade, vértice, interseções com os eixos cartesianos e influência dos coeficientes sobre o formato do gráfico.

Com a utilização do software, tornou-se possível manipular dinamicamente os parâmetros das funções e observar imediatamente as alterações produzidas nas representações gráficas. Essa visualização favoreceu a associação entre linguagem algébrica e representação geométrica, permitindo que os estudantes construíssem interpretações mais consistentes acerca dos conceitos trabalhados.

Aplicação do pós-teste e análise comparativa dos resultados

Após a realização das atividades pedagógicas mediadas pelo uso do GeoGebra e do PhotoMath, foi aplicado o pós-teste com o objetivo de verificar possíveis avanços na aprendizagem dos estudantes em relação aos conceitos associados às funções quadráticas. O instrumento manteve relação direta com os

conteúdos avaliados no pré-teste, contemplando aspectos como identificação de termos, conceito de raiz, resolução algébrica, relação entre coeficientes, interpretação gráfica, construção de equações e verificação de raízes.

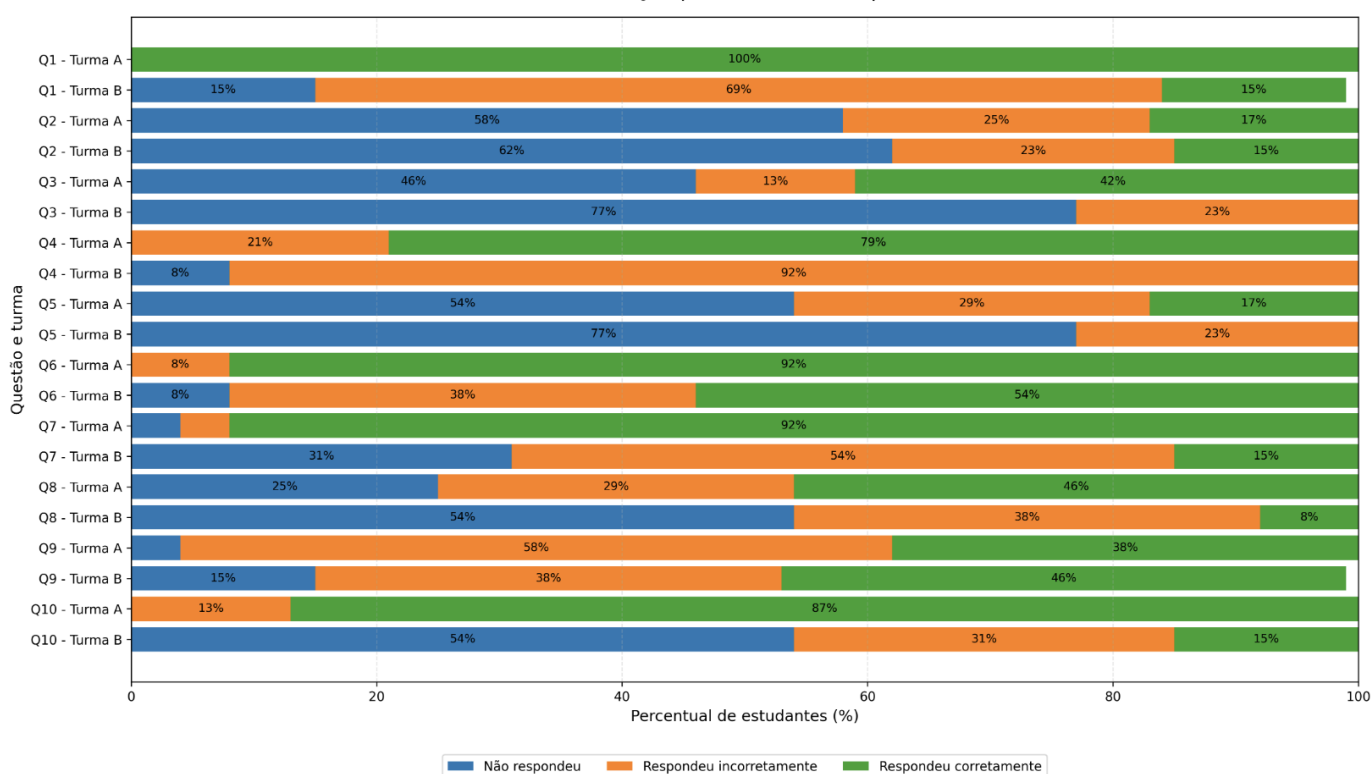
Os resultados apresentados no Gráfico 2 permitem observar a distribuição das respostas por questão e por turma, considerando as categorias “não respondeu”, “respondeu incorretamente” e “respondeu corretamente”. A análise desses dados possibilita uma leitura mais ampla do desempenho dos estudantes, pois não se limita apenas ao percentual de acertos, mas também evidencia o nível de participação, a permanência de dificuldades conceituais e os avanços obtidos após a intervenção didática.

De modo geral, os dados do pós-teste indicam melhora significativa no desempenho da Turma A, especialmente nas questões relacionadas à identificação de termos, relação entre coeficientes, identificação do tipo de equação, sinal do coefi-

ente e classificação do gráfico. Nessas questões, observa-se elevação expressiva do percentual de respostas corretas, o que sugere maior compreensão dos conceitos trabalhados durante a intervenção. Esse resultado aponta que o uso articulado de recursos tecnológicos favoreceu a visualização, a experimentação e a consolidação de procedimentos matemáticos.

Na Turma B, embora também tenham sido observados avanços em algumas questões, os resultados mostraram maior oscilação. Destacam-se melhorias em itens como identificação do tipo de equação e verificação de raízes, mas permanecem dificuldades em questões que exigiam interpretação conceitual mais aprofundada, como relação entre coeficientes, sinal do coeficiente e classificação gráfica. Essa variação sugere que, apesar da contribuição das ferramentas digitais, alguns estudantes ainda necessitam de maior tempo de exploração, acompanhamento pedagógico e retomada dos conceitos fundamentais.

Gráfico 2 – Resultados do pós-teste – Distribuição das respostas por questão e turma



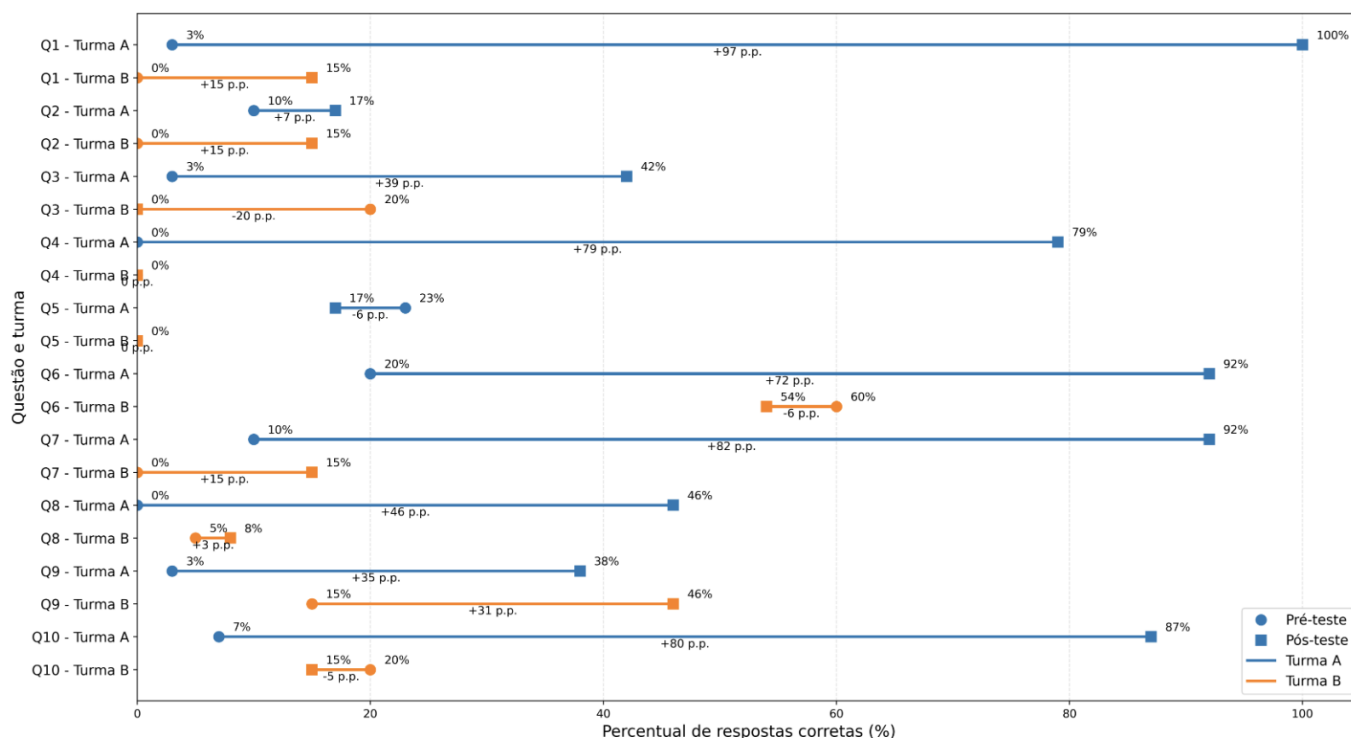
Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Comparando os dados do pré-teste com os do pós-teste, verifica-se que a intervenção contribuiu para reduzir a ausência de respostas em algumas questões e ampliar o número de acertos, sobretudo na Turma A. Esse movimento indica que os estudantes passaram a demonstrar maior segurança na resolução das atividades e maior capacidade de relacionar representações algébricas e gráficas das funções quadráticas. Assim, o pós-teste evidenciou não apenas o desempenho final dos alunos, mas também os efeitos positivos da proposta metodológica adotada.

Portanto, a aplicação do pós-teste confirmou a relevância do uso de tecnologias educacionais no ensino de funções quadráticas, especialmente quando integradas a práticas investigativas e orientadas pelo professor. Os resultados reforçam

que ferramentas como o GeoGebra e o PhotoMath podem contribuir para tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico, visual e reflexivo, favorecendo tanto a compreensão conceitual quanto a revisão de procedimentos algébricos.

O Gráfico 3 apresenta a comparação entre o pré-teste e o pós-teste, considerando a variação percentual de respostas corretas por questão nas duas turmas. A análise permite identificar não apenas os avanços alcançados, mas também os itens em que houve menor evolução, estabilidade ou permanência de dificuldades. De modo geral, verifica-se que a Turma A, correspondente ao grupo experimental, apresentou ganhos mais consistentes, enquanto a Turma B, grupo de comparação, demonstrou avanços mais pontuais e oscilações em determinados itens.

Gráfico 3 – Comparação entre pré-teste e pós-teste – Variação do percentual de respostas corretas por questão e turma

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Esses dados reforçam a importância da aplicação de instrumentos diagnósticos antes e depois da intervenção pedagógica, pois permitem acompanhar o desenvolvimento dos estudantes de forma mais objetiva. Além disso, evidenciam que o uso de tecnologias educacionais, quando planejado e orientado pelo professor, pode contribuir para tornar a aprendizagem de funções quadráticas mais visual, dinâmica e reflexiva.

DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos no pré-teste e no pós-teste permite observar mudanças relevantes no desempenho dos estudantes após a intervenção pedagógica mediada pelo uso do GeoGebra e do PhotoMath. Inicialmente, os dados do pré-teste evidenciaram um cenário de fragilidade conceitual e procedimental em relação ao estudo das funções quadráticas, marcado por baixos percentuais de respostas corretas, elevado número de questões não respondidas e presença significativa de respostas incorretas. Esse resultado indica que muitos estudantes apresentavam dificuldades tanto na identificação dos elementos da função quadrática quanto na interpretação de suas representações algébricas e gráficas.

No pré-teste, verificou-se que parte expressiva dos estudantes não respondeu a várias questões, o que pode ser interpretado como indício de insegurança diante dos conteúdos avaliados. A ausência de resposta, nesse caso, não representa apenas uma lacuna pontual, mas revela uma dificuldade mais ampla de mobilizar conhecimentos matemáticos em situações que exigiam reconhecimento de termos, compreensão do conceito de raiz, análise de coeficientes, resolução algébrica e interpretação gráfica. Tal constatação reforça a necessidade

de metodologias que ultrapassem a abordagem meramente expositiva e procedimental, favorecendo a participação ativa do estudante na construção do conhecimento.

Após a intervenção, os resultados do pós-teste apontaram avanços importantes, sobretudo na Turma A. Observou-se crescimento expressivo no percentual de respostas corretas em questões relacionadas à identificação de termos, relação entre coeficientes, identificação do tipo de equação, sinal do coeficiente e classificação do gráfico. Esses avanços sugerem que o uso do GeoGebra contribuiu para ampliar a compreensão visual e conceitual das funções quadráticas, permitindo aos estudantes observar, de maneira dinâmica, as alterações provocadas pelos coeficientes na parábola, no vértice, na concavidade e nas interseções com os eixos coordenados.

A comparação entre pré-teste e pós-teste também evidencia que a articulação entre o GeoGebra e o PhotoMath favoreceu diferentes dimensões da aprendizagem. Enquanto o GeoGebra possibilitou a exploração gráfica e a visualização dinâmica dos conceitos, o PhotoMath atuou como recurso de apoio à verificação de procedimentos algébricos. Essa complementaridade mostrou-se relevante, pois o estudo das funções quadráticas exige tanto a compreensão conceitual do comportamento gráfico quanto o domínio de procedimentos de cálculo, como substituição de valores, resolução de equações e verificação de raízes.

Na Turma B, os resultados apresentaram comportamento mais irregular. Embora tenham ocorrido avanços em algumas questões, também foram observadas permanências de dificuldades e oscilações no desempenho. Esse resultado indica que o uso de tecnologias digitais, por si só, não garante aprendizagem uniforme entre os estudantes. A mediação docente, o

tempo de exploração das ferramentas, o nível de familiaridade dos alunos com os recursos tecnológicos e as condições de participação nas atividades são fatores que podem influenciar diretamente os resultados obtidos. Desse modo, os dados sugerem que a intervenção produziu efeitos positivos, mas com intensidades diferentes entre as turmas.

O Gráfico 3, ao comparar a variação percentual de respostas corretas entre o pré-teste e o pós-teste, reforça essa interpretação. Na Turma A, a maior parte das questões apresentou crescimento expressivo, revelando que os estudantes conseguiram avançar na compreensão dos conteúdos trabalhados. Já na Turma B, os ganhos foram mais pontuais, havendo questões com crescimento discreto, estabilidade ou até redução no percentual de acertos. Esse comportamento pode indicar a necessidade de retomada de determinados conceitos, especialmente aqueles que exigem maior articulação entre linguagem algébrica e interpretação gráfica.

Outro aspecto importante observado nos resultados refere-se à redução da ausência de respostas em algumas questões do pós-teste. Esse dado sugere que, após a intervenção, parte dos estudantes demonstrou maior disposição para tentar resolver as atividades propostas, ainda que nem sempre tenha alcançado a resposta correta. Do ponto de vista pedagógico, esse movimento é relevante, pois indica maior engajamento e menor resistência diante dos problemas matemáticos. A aprendizagem, nesse sentido, não deve ser analisada apenas pelo acerto final, mas também pela ampliação da participação, da tentativa de resolução e da capacidade de refletir sobre os procedimentos utilizados.

Os resultados dialogam com estudos que defendem o uso de tecnologias digitais como recursos capazes de favorecer a aprendizagem matemática quando integrados a práticas pedagógicas planejadas. O GeoGebra, ao permitir a manipulação de parâmetros e a visualização imediata de seus efeitos, favorece a construção de relações entre expressão algébrica e representação gráfica. O PhotoMath, por sua vez, quando utilizado de modo supervisionado, pode auxiliar o estudante na revisão de procedimentos, na identificação de erros e na comparação entre diferentes formas de resolução. Assim, ambos os recursos contribuem para uma aprendizagem mais investigativa, visual e reflexiva.

Entretanto, é importante destacar que o uso dessas ferramentas deve ocorrer de forma crítica e orientada. No caso do PhotoMath, por exemplo, existe o risco de utilização inadequada apenas para obtenção de respostas prontas, sem efetiva compreensão dos procedimentos. Por isso, sua inserção no contexto escolar precisa estar vinculada a estratégias de mediação docente, como solicitação de justificativas, comparação entre resoluções, análise de erros e discussão coletiva das etapas apresentadas pelo aplicativo. Dessa forma, a tecnologia deixa de ser um simples instrumento de resposta e passa a assumir função didática no processo de aprendizagem.

De modo geral, os resultados indicam que a intervenção pedagógica contribuiu para o desenvolvimento dos estudantes, especialmente ao proporcionar maior aproximação entre os conceitos abstratos das funções quadráticas e suas representações visuais e algébricas. A melhora observada em parte significativa das questões, sobretudo na Turma A, evidencia que o uso planejado do GeoGebra e do PhotoMath pode favorecer a compreensão dos conteúdos, ampliar o engajamento dos estudantes e apoiar a superação de dificuldades previamente identificadas no pré-teste.

Assim, a discussão dos dados permite afirmar que a proposta metodológica apresentou potencial pedagógico para o ensino de funções quadráticas. Ainda que os resultados não tenham sido homogêneos entre as turmas, a comparação entre os instrumentos avaliativos demonstrou avanços importantes e forneceu elementos para compreender os limites e as possibilidades do uso de tecnologias digitais no ensino de Matemática. Esses achados reforçam a importância de práticas que articulem experimentação, visualização, resolução algébrica e reflexão crítica, colocando o estudante em posição mais ativa no processo de aprendizagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar o potencial pedagógico da utilização integrada do GeoGebra e do PhotoMath no ensino de funções quadráticas, considerando suas contribuições para a compreensão conceitual, a resolução de problemas e o envolvimento dos estudantes no processo de aprendizagem. A partir da aplicação de atividades mediadas por tecnologias digitais e da comparação entre os resultados do pré-teste e do pós-teste, foi possível observar indícios relevantes de avanço no desempenho dos participantes, especialmente em aspectos relacionados à identificação dos elementos da função quadrática, à interpretação gráfica e à resolução algébrica.

Os dados obtidos evidenciaram que a integração dos recursos digitais favoreceu a articulação entre diferentes representações matemáticas, sobretudo entre a linguagem algébrica e a representação gráfica. O GeoGebra contribuiu para a visualização dinâmica das funções quadráticas, permitindo aos estudantes observar alterações na parábola a partir da variação dos coeficientes. O PhotoMath, por sua vez, desempenhou função complementar ao possibilitar a verificação de procedimentos algébricos, a identificação de erros e a comparação entre diferentes estratégias de resolução.

A análise comparativa entre o pré-teste e o pós-teste mostrou avanços mais expressivos em determinados tópicos, embora os resultados não tenham sido uniformes em todas as questões e turmas. Esse aspecto revela que o uso de tecnologias digitais pode favorecer a aprendizagem, mas não elimina a necessidade de retomadas conceituais, acompanhamento sistemático e mediação docente. Assim, os resultados reforçam que a tecnologia, por si só, não garante melhoria no desempenho escolar; seu potencial pedagógico depende da forma como é integrada ao planejamento didático, aos objetivos de aprendizagem e às intervenções realizadas pelo professor.

Nesse sentido, o papel do professor permanece central no processo de ensino e aprendizagem. Cabe ao docente orientar o uso das ferramentas, propor situações investigativas, estimular a reflexão crítica e evitar que os aplicativos sejam utilizados apenas como mecanismos de obtenção de respostas prontas. Quando empregados de maneira planejada, GeoGebra e PhotoMath podem contribuir para tornar o ensino de Matemática mais visual, interativo e significativo, favorecendo a participação ativa dos estudantes e o desenvolvimento da autonomia na resolução de problemas.

Entre as contribuições do estudo, destaca-se a possibilidade de utilização articulada de tecnologias digitais para o ensino de funções quadráticas, especialmente em situações nas quais os estudantes apresentam dificuldades na compreensão

dos conceitos algébricos e gráficos. A pesquisa oferece subsídios para professores interessados em incorporar recursos tecnológicos às suas práticas pedagógicas, demonstrando que tais ferramentas podem ampliar as possibilidades de exploração, experimentação e análise dos objetos matemáticos.

Como limitação, destaca-se que os resultados foram obtidos em um contexto específico de intervenção, com determinado grupo de estudantes e em um recorte particular do conteúdo matemático. Dessa forma, não se pretende generalizar os achados para todos os contextos escolares, mas indicar possibilidades didáticas que podem ser adaptadas a diferentes realidades. Para estudos futuros, recomenda-se ampliar a investigação para outras etapas da Educação Básica, outros conteúdos matemáticos e diferentes contextos educacionais, bem como realizar pesquisas de maior duração, capazes de acompanhar os efeitos do uso das tecnologias digitais ao longo do tempo.

Portanto, os resultados do estudo indicam que a integração planejada do GeoGebra e do PhotoMath pode contribuir para o ensino de funções quadráticas, especialmente quando associada a práticas pedagógicas investigativas, orientadas e reflexivas. A experiência analisada mostrou que o uso dessas ferramentas pode favorecer a compreensão matemática, ampliar o engajamento dos estudantes e diversificar as estratégias de ensino, constituindo-se como uma alternativa relevante para o aprimoramento das práticas docentes em Matemática.

AGRADECIMENTOS

Não se aplica.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

FINANCIAMENTO

Esta pesquisa não recebeu financiamento específico.

LICENÇA

Este artigo está licenciado sob a Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. S.; COSTA, M. N. Registros de representação semiótica e o conceito de função quadrática: desafios na articulação entre álgebra e geometria. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 19, n. 1, p. 74–92, 2024.

BARBOSA, J. E. Além de Bhaskara: a busca pela compreensão conceitual no ensino de funções quadráticas. **Jornal de Pesquisa em Educação Matemática**, v. 15, n. 2, e202514, 2025.

BIASOTTO, Bruna *et al.* Aprendizagem significativa e ensino de Matemática: contribuições da teoria de David Ausubel para a prática pedagógica. **Revista de Educação Matemática**, v. 17, n. 2, p. 45–61, 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

BUENE, Bento Carlos; MUNGUAMBE, Yula. GeoGebra como software auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de funções quadráticas. **Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 61–89, 2024. DOI: [10.23925/2237-9657.2024.v13i1p061-0089](https://doi.org/10.23925/2237-9657.2024.v13i1p061-0089).

CONCEIÇÃO, Daiane Leal da; ZAMPERETTI, Maristani Polidori. Práticas de ensino com aplicativo PhotoMath: narrativas digitais produzidas por professores brasileiros. **Com a Palavra o Professor**, Vitória da Conquista, v. 6, n. 16, p. 77–100, 2021. DOI: [10.22481/cpp.v6i16.18014](https://doi.org/10.22481/cpp.v6i16.18014).

CRUZ, Thales Allan Santos da. Uso do software GeoGebra para o ensino de Matemática: análise de artigos sobre a aplicação em sala de aula. In: **TRILHAS DA INOVAÇÃO E O DIÁLOGO INTERDISCIPLINAR**. Rio de Janeiro: Epitaya, 2024. p. 170–186.

FELCHER, Carla Denize Ott; CAVALHEIRO, Luana de Vargas. Potencialidades e contribuições das tecnologias digitais no ensino de matemática: uma revisão integrativa. **Revista Paranaense de Educação Matemática**, Campo Mourão, v. 15, n. 36, p. 1–21, 2026. DOI: [10.33871/rpem.2026.15.36.10841](https://doi.org/10.33871/rpem.2026.15.36.10841).

FERREIRA, Joanderson de Almeida Reis *et al.* GeoGebra como ferramenta de apoio ao ensino de Matemática: uma revisão bibliométrica. **Ensino da Matemática em Debate**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 290–308, 2025. DOI: [10.23925/2358-4122.2025v12i2p290-308](https://doi.org/10.23925/2358-4122.2025v12i2p290-308).

GURMU, Fikru; TUGE, Chernet; HUNDE, Adula Bekele. Effects of GeoGebra-assisted instructional methods on students' conceptual understanding of geometry. **Cogent Education**, v. 11, n. 1, p. 2379745, 2024. DOI: [10.1080/2331186X.2024.2379745](https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2379745).

LIMA, Marta Gomes; ROCHA, Adriano Aparecido Soares da. As tecnologias digitais no ensino de Matemática. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 8, n. 5, p. 738–749, 2022.

MACEDO, Cássio Lima; SOUZA, Cleidinaldo Aguiar. Função polinomial do segundo grau com o Lumibot-CoppeliaSim. **Professor de Matemática Online**, v. 11, n. 2, p. 384–405, 2023.

MACHADO, Ricardo de Macedo; RODRIGUES, Adriana de Carvalho Figueiredo. Metodologias ativas e tecnologias digitais como potencializadoras do processo de ensino-aprendizagem no Ensino Médio Integrado. **Revista Semiárido de Visu**, Petrolina, v. 8, n. 3, p. 537–549, 2020.

MENDES, A. L.; CARVALHO, F. H. Modelagem matemática e as barreiras de contextualização no Ensino Fundamental II. **Revista Prática Pedagógica e Currículo**, v. 8, n. 3, p. 115–131, 2024.

MENEGHELLI, Juliana; POSSAMAI, Janaína Poffo. Resolução de problemas e o software GeoGebra: um caminho para a compreensão das funções seno e cosseno. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 491–512, 2019.

MORAIS, Silvana Bezerra de;
RIBEIRO, Ana Paula de Medeiros. Relato de experiência: aplicabilidade do Microsoft Math Solver e PhotoMath com alunos do 4º ano do Ensino Fundamental nas aulas de Matemática em escola da rede pública de Fortaleza. **Cadernos Cajuína**, v. 9, n. 6, e249650, 2024. DOI: [10.52641/cadcajv9i6.781](https://doi.org/10.52641/cadcajv9i6.781).

NASCIMENTO, J. P.; ALVES, M. T.; PEREIRA, L. D. Tecnologias digitais e aprendizagem significativa: o papel do PhotoMath no ensino de Matemática. **Revista Interfaces da Educação**, Paranaíba, v. 15, n. 1, p. 56–72, 2024.

OLIVEIRA, R. M.; MELO, T. A. O espírito investigativo na Educação Matemática: confrontando o analítico e o visual por meio de ferramentas digitais. **Revista Práticas Pedagógicas no Ensino Básico**, v. 12, n. 1, p. 45–58, 2025.

PEREIRA, A. C.; LOPES, M. F. Andaimos cognitivos e ansiedade matemática: o papel das TDIC na autonomia

investigativa dos estudantes. **Jornal Internacional de Educação Matemática**, v. 17, n. 2, e202409, 2024.

RIBEIRO, G. T.; SOUZA, V. A. O pensamento funcional e a manipulação paramétrica: críticas ao ensino estático da Álgebra. **Educação Matemática em Revista**, v. 31, n. 1, p. 42–59, 2026.

SANTIAGO, Paulo Vitor da Silva;
SANTOS, Maria José Costa dos. GeoGebra no ensino da Matemática: uma análise a partir da revisão sistemática de literatura (2014–2023). **Ensino da Matemática em Debate**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 284–307, 2025. DOI: [10.23925/2358-4122.2025v12i3p284-307](https://doi.org/10.23925/2358-4122.2025v12i3p284-307).

SANTOS, J. L.; SILVA, F. R. Dispositivos móveis e cultura digital escolar: superando barreiras de abstração no ensino da Álgebra. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 32, p. 112–130, 2024.

SILVA, R. F.; LIMA, G. C. O uso do PhotoMath como ferramenta de apoio na aprendizagem de álgebra nos anos finais do Ensino Fundamental. **Revista de Ensino de Matemática**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 1–21, 2024.