EDITORA AMPLAMENTE

ENSINANDO FUNÇÃO QUADRÁTICA COM GEOGEBRA

UM GUIA DE ATIVIDADES BASEADO EM REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS E NO MODELO TPACK

RAPHAELA GEMAQUE DE PINHO

ENSINANDO FUNÇÃO QUADRÁTICA COM GEOGEBRA

UM GUIA DE ATIVIDADES BASEADO EM REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS E NO MODELO TPACK

1ªEdição

RAPHAELA GEMAQUE DE PINHO

DOI-GERAL: 10.47538/AC-2025.83

ISBN: 978-6-55321-079-0

9 786553 210790

Ano 2025

ENSINANDO FUNÇÃO QUADRÁTICA COM GEOGEBRA

UM GUIA DE ATIVIDADES BASEADO EM REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS E NO MODELO TPACK

1ªEdição

Catalogação da publicação na fonte

P654e
Pinho, Raphaela Gemaque de.
Ensinando função quadrática com GeoGebra: um guia de atividades baseado em representações semióticas e no modelo TPACK [recurso eletrônico] / Raphaela Gemaque de Pinho. — 1. ed. — Natal : Editora Amplamente, 2025.
recurso digital

Formato: eletrônico
Modo de acesso: World Wide Web
ISBN: 978-65-5321-079-0 (recurso eletrônico)
DOI-GERAL: 10.47538/AC-2025.83

1. Matemática — Ensino. 2. Função quadrática. 3. GeoGebra. 4. Representações semióticas.5. Modelo TPACK.6. Tecnologias educacionais. I. Título.
CDD: 510.712
CDU: 51:37

Editora Amplamente
Empresarial Amplamente Ltda.
CNPJ: 35.719.570/0001-10
E-mail: publicacoes@editoraamplamente.com.br
www.amplamentecursos.com
Telefone: (84) 999707-2900
Caixa Postal: 3402
CEP: 59082-971
Natal- Rio Grande do Norte – Brasil

Declaração dos autores/ Declaração da Editora: disponível em:
https://www.amplamentecursos.com/politicas-editoriais
Editora-Chefe: Dayana Lúcia Rodrigues de Freitas
Assistentes Editoriais: Caroline Rodrigues de F. Fernandes; Margarete Freitas Baptista
Bibliotecária: Mônica Karina Santos Reis CRB-15/393
Projeto Gráfico, Edição de Arte e Diagramação: Luciano Luan Gomes Paiva; Caroline Rodrigues de F. Fernandes
Capa: Canva®/Freepik®
Parecer e Revisão por pares: Revisores

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Matemática pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática, Universidade do Estado do Pará. Linha de Pesquisa: Metodologia para o ensino de Matemática no nível fundamental. Orientadora: Professora Dra. Cinthia Cunha Maradei Pereira.

Ano 2025

EDITORA AMPLAMENTE
Ano 2025

DEDICATÓRIA

Ao meu avô *Francisco Gemaque*, minha maior inspiração.

Desde sempre, eu sonhei em ser como você.

Sua facilidade com os números, sua mente brilhante para a matemática e, acima de tudo, a paciência com que me ensinava, moldaram não apenas meu aprendizado, mas quem eu sou hoje.

Guardo com carinho cada dia em que me sentei ao seu lado, caderno aberto, coração atento, aprendendo mais do que contas e fórmulas. Aprendendo sobre dedicação, generosidade e amor. A matemática que hoje transformo em livro nasceu ali, entre explicações calmas, olhares atentos e incentivo sincero.

Devo muito a você. Devo o gosto pelo conhecimento, a confiança em aprender e a certeza de que ensinar é um ato de amor. Tudo o que escrevi aqui carrega um pouco de você — da sua sabedoria, do seu cuidado e do seu carinho.

Você sempre será a minha inspiração.

Com todo o meu amor, gratidão e carinho.

APRESENTAÇÃO

O livro *Ensinando Função Quadrática com GeoGebra: um guia de atividades baseado em representações semióticas e no modelo TPACK* apresenta uma proposta didático-pedagógica inovadora para o ensino da Matemática, alinhada às demandas contemporâneas da educação básica e ao uso consciente das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC).

Partindo das dificuldades recorrentes enfrentadas por estudantes na aprendizagem da função quadrática, a obra destaca o potencial do software GeoGebra como ferramenta mediadora do processo de ensino-aprendizagem. Sua interface dinâmica permite a exploração de múltiplas representações de um mesmo objeto matemático — algébrica, gráfica e geométrica — favorecendo a compreensão de conceitos abstratos e a construção de significados mais consistentes.

A proposta fundamenta-se teoricamente na Teoria dos Registros de Representação Semiótica, de Raymond Duval, que enfatiza a importância da conversão entre diferentes registros para a aprendizagem matemática, e no modelo TPACK, de Mishra e Koehler, que integra os conhecimentos tecnológico, pedagógico e de conteúdo. Esses referenciais sustentam a elaboração de um guia de atividades práticas, pensado para apoiar o trabalho docente e enriquecer as práticas em sala de aula.

De caráter qualitativo e aplicado, o livro resulta de uma pesquisa que envolve levantamento bibliográfico, desenvolvimento do material didático e análise das percepções de professores da educação básica, coletadas por meio de questionário. O guia proposto busca ampliar o repertório pedagógico dos docentes, incentivar o uso reflexivo das tecnologias digitais e contribuir para práticas de ensino coerentes com as competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Ao integrar teoria e prática, esta obra reafirma o papel do GeoGebra como um importante mediador no ensino da função quadrática, constituindo-se como uma leitura essencial para professores, licenciandos e pesquisadores interessados em inovação pedagógica, ensino de Matemática e tecnologias educacionais.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O ensino da Matemática, sobretudo no que se refere à função quadrática, representa um marco importante na transição entre conteúdos mais elementares e a consolidação de conceitos abstratos no currículo da Educação Básica. Essa transição, porém, não ocorre de forma simples, uma vez que a função quadrática exige que os alunos consigam articular diferentes registros de representação: o algébrico, o gráfico e o geométrico. Quando esse movimento não acontece, observa-se uma aprendizagem fragmentada, marcada pela memorização de fórmulas em detrimento da compreensão conceitual. Duval (2009, p. 221) afirma que “a aprendizagem matemática é inseparável da coordenação de diferentes registros de representação, sendo a conversão entre eles o verdadeiro núcleo da compreensão”. De modo indireto, Gravina (2015) reforça que as dificuldades dos alunos não se explicam pela ausência de esforço individual, mas pela falta de oportunidades pedagógicas que favoreçam a transição entre registros.

Diante desse contexto, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) torna-se um documento fundamental para a análise das práticas docentes, uma vez que estabelece competências e habilidades que devem ser desenvolvidas em relação à função quadrática. A BNCC orienta que os estudantes sejam capazes de analisar, interpretar e modelar fenômenos por meio da Matemática, indo além da aplicação mecânica de fórmulas. Como aponta o MEC (2018, p. 263), “o ensino de funções deve possibilitar ao estudante relacionar diferentes representações e compreender as variáveis envolvidas em situações matemáticas e reais”. Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) destacam que a inclusão das tecnologias digitais no processo educativo contribui para atender às demandas da BNCC, uma vez que amplia a capacidade dos alunos de visualizar e interagir com objetos matemáticos de forma inovadora.

Entre os recursos tecnológicos, o GeoGebra tem se consolidado como uma ferramenta didática privilegiada para o ensino da Matemática. Sua interface dinâmica permite que os alunos manipulem coeficientes e visualizem instantaneamente as transformações na parábola, compreendendo de modo interativo conceitos como concavidade, raízes e vértice. Santos e Borba (2008, p. 16) ressaltam que “o GeoGebra transforma a aprendizagem em um processo investigativo, no qual o estudante deixa de ser passivo para assumir papel ativo na construção do conhecimento". Indiretamente, Gravina (2015) observa que os softwares de geometria dinâmica, ao aliarem visualização e manipulação, favorecem a construção de significados e superam a visão mecanicista que frequentemente domina o ensino da função quadrática.

No entanto, para que ferramentas como o GeoGebra sejam efetivamente incorporadas às práticas pedagógicas, é necessário que os professores dominem não apenas os aspectos técnicos do software, mas também a integração entre tecnologia, conteúdo e pedagogia. Schmidt et al. (2009, p. 70) afirmam que "a competência docente em ambientes digitais não reside apenas no domínio da ferramenta, mas na capacidade de mobilizá-la de forma integrada ao conteúdo e às estratégias pedagógicas". De maneira indireta, Shulman (1986) já indicava que o conhecimento pedagógico do conteúdo é essencial para que o professor consiga adaptar sua prática às necessidades dos alunos, articulando saberes de forma criativa e inovadora.

É nesse ponto que o modelo TPACK se mostra relevante para a pesquisa. Desenvolvido por Mishra e Koehler (2006), esse referencial compreende que o ensino eficaz com tecnologia depende da interseção de três dimensões de conhecimento: o pedagógico, o do conteúdo e o tecnológico. Segundo Mishra e Koehler (2006, p. 1024), "o TPACK não é a simples soma de três domínios, mas um novo espaço de conhecimento que emerge de suas interações". Indiretamente, Koehler e Mishra (2009) acrescentam que a formação docente precisa contemplar não apenas os saberes tradicionais, mas também a competência para integrar recursos digitais em situações reais de sala de aula, adaptando-os ao contexto do conteúdo a ser ensinado.

Outro pilar que sustenta este trabalho é a Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS), desenvolvida por Raymond Duval. Essa teoria contribui para compreender as dificuldades dos alunos no estudo da função quadrática, já que muitos não conseguem realizar a conversão entre diferentes registros, como interpretar uma equação e relacioná-la com o gráfico correspondente. Duval (2004, p. 17) afirma que "o obstáculo cognitivo mais grave para os estudantes em Matemática é a incapacidade de converter um registro em outro". Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) reforçam que a TRRS oferece um caminho para estruturar práticas pedagógicas que favoreçam a coordenação de registros, permitindo aos alunos superarem bloqueios conceituais e desenvolver uma compreensão mais sólida.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a aplicabilidade de um guia de atividades elaborado no GeoGebra para o ensino da função quadrática, fundamentado na Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) e no modelo TPACK, de modo a favorecer a compreensão conceitual e a articulação entre diferentes registros matemáticos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um guia de atividades didáticas no GeoGebra para o ensino da função quadrática, explorando aspectos algébricos, gráficos e geométricos.
- Investigar, por meio de questionário aplicado a professores, as percepções sobre o uso do GeoGebra no processo de ensino-aprendizagem da função quadrática.
- Analisar como a Teoria dos Registros de Representação Semiótica pode contribuir para a superação de dificuldades relacionadas à conversão entre representações algébricas, gráficas e geométricas da função quadrática.
- Avaliar de que forma o modelo TPACK pode auxiliar na integração dos saberes pedagógicos, tecnológicos e de conteúdo no ensino da Matemática.
- Identificar as contribuições do guia de atividades para a prática docente e para o desenvolvimento das competências previstas pela BNCC no estudo da função quadrática.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica é um dos pilares centrais de uma pesquisa acadêmica, pois permite compreender os referenciais que sustentam a proposta e dá legitimidade às escolhas metodológicas e didáticas que serão empregadas. No caso do ensino da função quadrática com o auxílio do GeoGebra, dois eixos teóricos se tornam fundamentais: a Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS), desenvolvida por Raymond Duval, e o modelo TPACK, sistematizado por Mishra e Koehler. Ambos os referenciais convergem na compreensão de que ensinar Matemática vai além da simples exposição de fórmulas e algoritmos, exigindo a articulação entre registros, tecnologias e práticas pedagógicas contextualizadas. Como aponta Duval (2009, p. 223), "a aprendizagem matemática não se limita à manipulação simbólica, mas depende da coordenação entre diferentes registros de representação". Indiretamente, Mishra e Koehler (2006) reforçam que o domínio docente se constrói a partir da integração entre conteúdo, pedagogia e tecnologia.

A escolha desses referenciais teóricos está diretamente vinculada às dificuldades que os alunos enfrentam na aprendizagem da função quadrática. Em muitos casos, observa-se que os estudantes reduzem o estudo à aplicação mecânica da fórmula de Bhaskara, sem compreender a parábola como representação gráfica ou a relação entre coeficientes e propriedades. Nesse cenário, o GeoGebra apresenta-se como recurso privilegiado para superar tais barreiras, permitindo que os alunos manipulem os elementos da função em tempo real e construam relações conceituais mais profundas. Gravina (2015, p. 25) observa que "a exploração dinâmica dos objetos matemáticos amplia o potencial de compreensão e motiva os estudantes a participarem de forma ativa no processo de aprendizagem". Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) destacam que a introdução de tecnologias digitais no ensino de Matemática não apenas renova metodologias, mas transforma epistemologicamente as formas de aprender.

Outro aspecto central da fundamentação teórica diz respeito ao papel do professor diante das tecnologias digitais. O uso do GeoGebra, por si só, não garante avanços pedagógicos se não for mediado por práticas fundamentadas. Isso exige do docente saberes específicos que vão além do domínio técnico, envolvendo a capacidade de planejar, selecionar e articular conteúdos e estratégias que promovam aprendizagens significativas. Schmidt et al. (2009, p. 71) afirmam que “a integração bem-sucedida da tecnologia no ensino depende da competência docente em articular conhecimento pedagógico, tecnológico e de conteúdo”. Indiretamente, Shulman (1986) já havia assinalado que o conhecimento pedagógico do conteúdo é indispensável para transformar saberes disciplinares em formas acessíveis ao estudante.

A Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Duval também fundamenta a presente investigação, pois explica de maneira clara os obstáculos cognitivos enfrentados pelos alunos ao lidar com diferentes formas de representar a mesma ideia matemática. Na função quadrática, a articulação entre equação, gráfico da parábola e interpretações geométricas é indispensável para o desenvolvimento de um raciocínio consistente. Duval (2004, p. 19) adverte que “o maior desafio da aprendizagem matemática está em converter registros, e não apenas em reconhecê-los”. Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) apontam que as estratégias de ensino que consideram a conversão entre registros são mais eficazes, pois favorecem a construção de significados e a superação de bloqueios conceituais.

Assim, esta fundamentação se ancora no entendimento de que a função quadrática não deve ser trabalhada de forma isolada, mas articulada com contextos pedagógicos que considerem tanto as diretrizes curriculares da BNCC quanto o potencial de softwares como o GeoGebra. Esse tripé — BNCC, TRRS e TPACK — possibilita uma visão integrada que vai do que ensinar, ao como ensinar e ao como mobilizar recursos digitais para potencializar a aprendizagem. O MEC (2018, p. 263) enfatiza que “o ensino de funções deve favorecer a análise e a interpretação de fenômenos reais, articulando representações diversas”. Indiretamente, Mishra e Koehler (2006) complementam que a integração entre conteúdo, pedagogia e tecnologia constitui o caminho para práticas inovadoras, em que o aluno se torna protagonista de sua aprendizagem.

2.1 A BNCC E O ENSINO DAS FUNÇÕES

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) representa um marco normativo que orienta o ensino no Brasil, definindo as aprendizagens essenciais a serem asseguradas a todos os estudantes da Educação Básica. No campo da Matemática, a

BNCC destaca a importância de articular conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, promovendo o desenvolvimento de competências que permitam ao aluno interpretar fenômenos, resolver problemas e compreender diferentes formas de representação. No que diz respeito ao estudo de funções, a BNCC é clara ao estabelecer que os estudantes devem ser capazes de transitar entre registros algébricos, gráficos e tabulares, consolidando uma visão integrada dos conceitos. Segundo o MEC (2018, p. 261), “o trabalho com funções deve contemplar diferentes registros de representação, favorecendo a articulação entre linguagem algébrica, numérica e gráfica”. Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) defendem que as diretrizes curriculares, quando aliadas ao uso de tecnologias digitais, oferecem ao professor novas possibilidades para atender às demandas de aprendizagem previstas pela BNCC.

A função quadrática é um dos conteúdos mais relevantes da etapa final do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, sendo prevista pela BNCC como parte das habilidades de álgebra e funções. Sua importância pedagógica reside no fato de que introduz os estudantes ao estudo de fenômenos não lineares e amplia a capacidade de modelagem matemática. No entanto, historicamente, esse conteúdo tem sido reduzido a uma abordagem centrada na aplicação mecânica da fórmula de Bhaskara, sem dar espaço para que o aluno compreenda a parábola como objeto geométrico e como representação gráfica de uma lei de formação algébrica. A BNCC adverte que a aprendizagem deve superar a memorização de algoritmos, privilegiando o raciocínio e a construção de significados. Como aponta o MEC (2018, p. 263), “a aprendizagem da função quadrática deve estar associada à análise de situações reais e ao desenvolvimento da capacidade de generalizar”. De forma indireta, Gravina (2015) ressalta que o uso de recursos dinâmicos como o GeoGebra atende exatamente a essa orientação, uma vez que possibilita ao aluno explorar o comportamento da parábola em diferentes contextos.

Outro ponto central da BNCC é a defesa de um ensino de Matemática que esteja conectado a situações do cotidiano e a contextos interdisciplinares. Ao propor que o aluno utilize a Matemática como ferramenta para interpretar e intervir no mundo, o documento orienta que conteúdos como a função quadrática não sejam trabalhados de forma isolada, mas associados a problemas práticos e à investigação. Esse direcionamento rompe com uma tradição escolar que prioriza listas de exercícios descontextualizados, aproximando o ensino de práticas investigativas e experimentais.

O MEC (2018, p. 47) enfatiza que “o conhecimento matemático deve ser mobilizado para compreender fenômenos da realidade e fundamentar tomadas de decisão”. Indiretamente, Santos e Borba (2008) reforçam que, ao utilizar o GeoGebra, o professor possibilita que o estudante interaja com a função quadrática de forma aplicada, compreendendo como a Matemática se manifesta em situações reais.

Nesse sentido, o ensino da função quadrática com o uso do GeoGebra alinha-se diretamente às competências gerais da BNCC, que preveem a utilização crítica de tecnologias digitais na aprendizagem. A articulação entre a BNCC e ferramentas como o GeoGebra amplia o alcance pedagógico do ensino, tornando-o mais atrativo, interativo e significativo para os estudantes. Segundo Borba e Penteado (2010, p. 88), “as tecnologias digitais não devem ser vistas apenas como ferramentas auxiliares, mas como elementos que reconfiguram a prática pedagógica e os modos de aprender”. Indiretamente, o próprio texto da BNCC (MEC, 2018) corrobora essa visão ao destacar que o uso das tecnologias deve permear todas as áreas do conhecimento, favorecendo a inovação e o protagonismo do aluno.

Por fim, é importante destacar que a BNCC estabelece não apenas conteúdos, mas também habilidades e competências que orientam o trabalho docente. No caso da função quadrática, isso significa que o professor deve planejar situações em que o aluno consiga compreender a relação entre os coeficientes da equação e o comportamento da parábola, identificando concavidade, raízes, eixo de simetria e vértice. Esse movimento exige a articulação entre registros, o que pode ser potencializado pelo GeoGebra. Segundo Gravina (2015, p. 28), “o uso de softwares de geometria dinâmica possibilita ao aluno visualizar relações complexas e desenvolver um raciocínio mais investigativo”. Indiretamente, Duval (2009) afirma que a aprendizagem só ocorre de forma efetiva quando os estudantes conseguem converter informações entre diferentes representações, o que reforça a necessidade de práticas pedagógicas que estejam de acordo com as orientações da BNCC.

A abordagem da função quadrática, segundo a BNCC, deve favorecer não apenas a memorização de conceitos, mas o desenvolvimento da autonomia intelectual do estudante. Isso significa que o aluno deve ser capaz de interpretar situações matemáticas e de construir estratégias próprias de resolução, em vez de depender exclusivamente da aplicação de fórmulas. Nesse sentido, é necessário que a prática pedagógica contemple momentos de investigação, em que os estudantes possam levantar hipóteses, testar noções matemáticas e validar conclusões a partir de evidências. O MEC (2018, p. 264) estabelece que “o estudo de funções deve contribuir para que os alunos reconheçam padrões, estabeleçam generalizações e desenvolvam modelos matemáticos”. Indiretamente, Gravina (2015) reforça que o uso do GeoGebra responde a essa demanda, pois cria ambientes que favorecem a experimentação e a formulação de conjecturas pelos próprios alunos.

Outro ponto importante é a interdisciplinaridade defendida pela BNCC. Ao propor que a Matemática esteja articulada a diferentes áreas do conhecimento, o documento abre espaço para que conteúdos como a função quadrática sejam explorados em situações ligadas à Física, à Economia e até mesmo à Biologia. Esse movimento contribui para superar a visão de uma Matemática isolada, demonstrando seu potencial como linguagem universal de descrição e análise. Como aponta o MEC (2018, p. 49), “os conhecimentos matemáticos devem ser mobilizados em situações que transcendam a sala de aula e contribuam para a formação integral do estudante”. Indiretamente, Borba e Penteado (2010) defendem que o ensino apoiado por tecnologias digitais cria condições para essa integração, pois permite a simulação de fenômenos e a visualização de dados em múltiplas perspectivas.

No caso específico da função quadrática, a BNCC recomenda que o ensino seja voltado para o desenvolvimento da capacidade de interpretar o comportamento da parábola em contextos diversos. Isso implica, por exemplo, compreender como a variação dos coeficientes altera a concavidade, o deslocamento do gráfico e as soluções da equação. Esses aspectos são fundamentais não apenas para a Matemática escolar, mas para a formação de uma visão crítica e aplicada. Segundo o MEC (2018, p. 263), “é esperado que os estudantes consigam identificar, em diferentes registros, os efeitos da variação dos parâmetros de uma função”. Indiretamente, Duval (2009) reforça que essa capacidade de articular registros é o que define a verdadeira compreensão matemática, e não apenas o cálculo mecânico de valores numéricos.

Além disso, a BNCC também chama atenção para a formação de competências digitais, entendidas como parte integrante da aprendizagem em todas as áreas. No ensino de Matemática, isso significa que os professores devem se apropriar de tecnologias como o GeoGebra para enriquecer suas práticas, proporcionando experiências mais dinâmicas aos estudantes. Borba e Villarreal (2005, p. 41) observam que "as tecnologias digitais não apenas transformam a prática pedagógica, mas reconfiguram a própria natureza da Matemática ensinada". Indiretamente, Mishra e Koehler (2006) complementam que a competência docente nesse cenário exige o domínio do TPACK, em que tecnologia, pedagogia e conteúdo se integram de modo indissociável.

Cabe destacar que a BNCC não deve ser compreendida apenas como um documento normativo, mas como uma diretriz que orienta o desenvolvimento de metodologias inovadoras. No ensino da função quadrática, isso se traduz na necessidade de práticas que vão além do livro didático, incorporando tecnologias digitais e abordagens investigativas. Como aponta o MEC (2018, p. 47), "a Matemática deve ser apresentada como ciência viva, em constante transformação e diálogo com a realidade". Indiretamente, Santos e Borba (2008) acrescentam que o GeoGebra, ao possibilitar experimentações interativas, constitui uma estratégia concreta para materializar os princípios da BNCC, transformando a sala de aula em um espaço de pesquisa e construção coletiva de conhecimento.

A BNCC também valoriza a aprendizagem ativa, em que o aluno não é apenas receptor de conteúdos, mas protagonista de sua construção do conhecimento. Essa perspectiva rompe com a tradição transmissiva da Matemática, marcada por exercícios repetitivos e desvinculados da realidade, incentivando o estudante a investigar, analisar e propor soluções para problemas concretos. Como defende o MEC (2018, p. 53), "o ensino de Matemática deve incentivar a formulação de hipóteses, a construção de modelos e a análise crítica de resultados". Indiretamente, Gravina (2015) reforça que softwares como o GeoGebra se encaixam nesse cenário, já que permitem que os alunos testem diferentes possibilidades e verifiquem, de forma imediata, os efeitos de suas manipulações sobre o objeto matemático.

Outro ponto ressaltado pela BNCC é a importância de garantir a equidade no acesso ao conhecimento matemático, reconhecendo a diversidade de contextos e ritmos de aprendizagem. Essa diretriz tem implicações diretas no ensino da função quadrática, pois muitos alunos chegam ao final do Ensino Fundamental com lacunas significativas que dificultam a compreensão desse conteúdo. O MEC (2018, p. 49) adverte que “a escola deve assegurar condições para que todos os estudantes tenham acesso a práticas pedagógicas que favoreçam aprendizagens significativas”. Indiretamente, Borba e Penteado (2010) destacam que o uso de tecnologias digitais pode ajudar a reduzir desigualdades, ao oferecer representações visuais e recursos interativos que atendem a diferentes estilos de aprendizagem.

A BNCC ainda prevê que os conteúdos matemáticos sejam articulados ao desenvolvimento de competências socioemocionais, como a capacidade de colaborar, comunicar ideias e resolver problemas em grupo. No caso da função quadrática, isso significa criar atividades em que os estudantes possam discutir os resultados de suas investigações no GeoGebra, compartilhar estratégias e justificar escolhas. Segundo o MEC (2018, p. 57), “o trabalho colaborativo deve ser incentivado, pois contribui para a aprendizagem e para o desenvolvimento de competências gerais”. Indiretamente, Santos e Borba (2008) reforçam que o uso de tecnologias digitais cria oportunidades de interação entre os estudantes, que deixam de ser meros receptores para se tornarem produtores de conhecimento matemático.

Um aspecto importante da BNCC é a ênfase no desenvolvimento do pensamento crítico e na capacidade de tomar decisões fundamentadas. Isso se aplica diretamente ao estudo da função quadrática, em que os alunos devem ser capazes de interpretar o gráfico de uma parábola e relacioná-lo a situações reais, como movimentos físicos ou contextos econômicos. O MEC (2018, p. 263) destaca que “o ensino de funções deve possibilitar ao aluno compreender fenômenos variáveis e utilizar a Matemática para explicá-los e prever resultados”. Indiretamente, Duval (2009) aponta que essa compreensão depende da habilidade de transitar entre diferentes registros semióticos, já que cada forma de representação revela um aspecto do conceito matemático.

A BNCC orienta que o ensino de Matemática esteja voltado para o letramento científico e tecnológico, preparando os alunos para atuar em uma sociedade cada vez mais mediada por informações quantitativas e por ferramentas digitais. Nesse contexto, a função quadrática pode ser explorada como ferramenta de modelagem para interpretar dados, compreender tendências e propor soluções para problemas reais. O MEC (2018,

p. 46) salienta que "o ensino da Matemática deve contribuir para a formação de cidadãos críticos, capazes de utilizar o conhecimento em diferentes esferas da vida social". Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) afirmam que as tecnologias digitais, como o GeoGebra, fortalecem esse objetivo, pois ampliam a capacidade dos estudantes de analisar e comunicar informações matemáticas de forma crítica e criativa.

2.2 OS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA E SUA RELEVÂNCIA NO ENSINO DA FUNÇÃO QUADRÁTICA

O estudo da Matemática envolve não apenas a manipulação de símbolos, mas a articulação entre diferentes formas de representação, o que foi amplamente explorado por Raymond Duval em sua Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS). Essa teoria sustenta que o processo de compreensão matemática depende da mobilização e conversão de registros, como o algébrico, o gráfico, o geométrico e o numérico. Como afirma Duval (2009, p. 221), "a verdadeira compreensão em Matemática ocorre quando o estudante é capaz de converter informações entre diferentes registros de representação". Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) reforçam que essa teoria é fundamental para compreender as dificuldades de aprendizagem, uma vez que a maior parte dos erros dos alunos decorre da incapacidade de transitar entre registros.

No caso específico da função quadrática, a TRRS oferece um referencial sólido para explicar por que muitos estudantes conseguem resolver equações utilizando a fórmula de Bhaskara, mas apresentam dificuldades quando precisam interpretar o gráfico da parábola ou relacionar os coeficientes da equação ao comportamento da curva. Essa lacuna revela um obstáculo cognitivo central. Duval (2004, p. 17) adverte que "a dificuldade não está apenas em reconhecer representações, mas principalmente em realizar a conversão entre elas". Indiretamente, Gravina (2015) acrescenta que a articulação entre registros é condição indispensável para que a aprendizagem da parábola seja significativa e não se reduza a práticas mecânicas.

A TRRS se apoia em dois processos fundamentais: o tratamento e a conversão. O tratamento refere-se às transformações que podem ser realizadas dentro de um mesmo registro, como manipulações algébricas em uma equação. Já a conversão diz respeito à passagem de um registro para outro, por exemplo, da forma algébrica para a representação gráfica. Segundo Duval (2009, p. 222), “é a conversão, mais do que o tratamento, que permite a apreensão conceitual de um objeto matemático”. Indiretamente, Wichnoski e Bassoi (2019) destacam que a conversão é um processo mais complexo, mas também o mais formativo, pois exige do aluno compreender a essência do conceito matemático e não apenas aplicar algoritmos.

No ensino da função quadrática, a falta de atenção às conversões pode gerar um ensino fragmentado, no qual o estudante domina apenas uma faceta do conceito, sem perceber suas múltiplas representações. Isso explica por que muitos alunos decoram fórmulas, mas não conseguem interpretar situações reais que envolvem a parábola. De acordo com Duval (2004, p. 19), “o maior obstáculo cognitivo é a fragmentação dos registros, que impede a construção de significados integrados”. Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) indicam que práticas pedagógicas baseadas em múltiplos registros são mais eficazes, pois favorecem a coordenação de significados e ampliam o repertório dos estudantes.

A função quadrática, por sua própria natureza, demanda essa articulação entre registros, já que o gráfico da parábola traduz visualmente informações que a equação expressa de forma simbólica. A utilização de softwares como o GeoGebra potencializa esse processo, permitindo que os alunos manipulem os coeficientes e observem em tempo real as transformações no gráfico. Santos e Borba (2008, p. 15) afirmam que “o uso de softwares de geometria dinâmica, como o GeoGebra, favorece a conversão entre registros e amplia as possibilidades de compreensão conceitual”. Indiretamente, Gravina (2015) reforça que a visualização gráfica é um recurso fundamental para superar dificuldades ligadas ao raciocínio algébrico, fortalecendo o entendimento da função quadrática como um todo.

O aprofundamento da TRRS demonstra que a simples exposição do conteúdo matemático, sem considerar a diversidade de registros, torna o processo de aprendizagem limitado e excludente. O aluno precisa aprender a interpretar a função quadrática não apenas como uma equação, mas como um objeto que possui diferentes faces complementares. Como argumenta Duval (2009, p. 223), “não é possível compreender a Matemática permanecendo em um único registro, pois nenhum deles, isoladamente, é suficiente para representar todo o objeto". Indiretamente, Almouloud (2007) ressalta que a coordenação entre registros é indispensável para o desenvolvimento do raciocínio matemático, e seu desprezo pode levar à cristalização de erros conceituais.

O uso da teoria de Duval no ensino da função quadrática se mostra ainda mais necessário quando se considera a complexidade da parábola como objeto matemático. O vértice, o eixo de simetria e as raízes são elementos que exigem tanto a leitura algébrica quanto a interpretação geométrica e gráfica. Duval (2004, p. 22) destaca que "a apreensão de um objeto matemático depende da habilidade de reconhecer suas diferentes representações e compreender suas articulações". Indiretamente, Gravina (2015) complementa que, sem esse movimento, os alunos tendem a ver a função como um conjunto de fórmulas isoladas, incapazes de construir um sentido global.

A TRRS também dialoga diretamente com as diretrizes da BNCC, uma vez que ambas enfatizam a necessidade de transitar entre diferentes representações no ensino de funções. A BNCC orienta que os estudantes devem ser capazes de analisar tabelas, gráficos e expressões algébricas, conectando essas linguagens em situações concretas. Como reforça o MEC (2018, p. 264), "o estudo de funções deve possibilitar que os alunos articulem registros numéricos, algébricos e gráficos". Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) demonstram que a incorporação da TRRS ao planejamento docente torna a prática mais coerente com as exigências curriculares.

Um aspecto importante da TRRS é a ênfase no processo de conversão como ponto crítico da aprendizagem. Ao converter a equação y=ax2+bx+cy = ax^2 + bx + cy=ax2+bx+c em seu gráfico correspondente, o estudante precisa compreender não apenas os cálculos envolvidos, mas o significado de cada coeficiente no comportamento da parábola. Segundo Duval (2009, p. 226), "a conversão é sempre cognitivamente mais difícil do que o tratamento, pois exige reorganização mental da informação". Indiretamente, Wichnoski e Bassoi (2019) reforçam que é nesse momento de conversão que os professores podem identificar as dificuldades mais significativas dos alunos, o que faz desse processo uma oportunidade didática essencial.

A função quadrática, ao demandar diferentes registros, pode ser utilizada como conteúdo privilegiado para aplicar os princípios da TRRS na prática pedagógica.

Trabalhar com tabelas de valores, expressões algébricas e gráficos simultaneamente possibilita ao estudante estabelecer conexões entre elementos que, em um primeiro momento, parecem desconectados. Como aponta Duval (2004, p. 20), "os registros não são redundantes, mas complementares, e cada um deles revela um aspecto específico do objeto matemático". Indiretamente, Gravina (2015) reforça que a exploração de múltiplos registros torna a aprendizagem mais significativa, pois permite que o aluno veja a função sob ângulos distintos e interdependentes.

O GeoGebra surge nesse contexto como um recurso essencial para operacionalizar a TRRS no ensino da função quadrática. Ao possibilitar que o aluno altere os coeficientes da equação e visualize imediatamente as mudanças no gráfico, o software cria condições para que as conversões entre registros se tornem mais evidentes e acessíveis. Santos e Borba (2008, p. 18) afirmam que "o GeoGebra funciona como um laboratório digital, em que o estudante pode experimentar a articulação entre diferentes registros". Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) reforçam que os ambientes digitais ampliam as possibilidades de conversão e permitem que o aluno explore representações que antes ficavam restritas a recursos estáticos.

Além da conversão entre registros, a TRRS ajuda a compreender os erros cometidos pelos alunos. Muitos dos equívocos decorrem não de desconhecimento do conteúdo, mas da dificuldade em relacionar registros distintos. Por exemplo, um estudante pode saber encontrar as raízes de uma equação quadrática, mas não ser capaz de localizar esses valores no gráfico da parábola. Duval (2009, p. 224) salienta que "os erros em Matemática são frequentemente sintomas de falhas na coordenação de registros e não de ausência de conhecimento". Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) explicam que, ao analisar os registros mobilizados, o professor pode diagnosticar as lacunas conceituais e intervir de forma mais direcionada.

A teoria também destaca que o ensino tradicional tende a privilegiar apenas o registro algébrico, deixando em segundo plano as representações gráficas e geométricas. Essa ênfase limitada gera um ensino reducionista, que impede os alunos de construir significados mais amplos. Segundo Duval (2004, p. 18), "um registro isolado não oferece condições suficientes para a construção conceitual, devendo ser articulado com outros". Indiretamente, Gravina (2015) critica as práticas pedagógicas que reduzem a

Matemática a manipulações simbólicas, afirmando que a integração de registros torna a aprendizagem mais profunda e menos mecânica.

Outro ponto importante da TRRS é a distinção entre apreensão e compreensão. Enquanto a apreensão está relacionada à capacidade de reconhecer representações, a compreensão implica a habilidade de transitar e converter entre registros de forma autônoma. Essa distinção é fundamental para compreender os níveis de aprendizagem da função quadrática. Duval (2009, p. 225) afirma que "apreender não é compreender, pois compreender significa ser capaz de operar conversões". Indiretamente, Almouloud (2007) destaca que a passagem da apreensão à compreensão é um processo longo, que exige práticas sistemáticas e intencionais.

A relevância da TRRS no ensino da função quadrática não se limita ao nível escolar, mas também à formação docente. Professores que compreendem os princípios da teoria são capazes de planejar aulas mais inclusivas, que exploram a diversidade de registros e favorecem a aprendizagem de diferentes perfis de alunos. Segundo Duval (2004, p. 21), "o professor deve organizar as situações didáticas de modo a exigir do aluno não apenas tratamentos, mas conversões entre registros". Indiretamente, Wichnoski e Bassoi (2019) observam que a aplicação da TRRS contribui para a formação de práticas mais reflexivas, em que o docente se torna mediador da construção de significados.

A teoria também contribui para ressignificar o erro no processo de aprendizagem. Em vez de ser encarado como falha absoluta, o erro passa a ser interpretado como indicativo de dificuldades na conversão entre registros, tornando-se um ponto de partida para a intervenção pedagógica. Duval (2009, p. 224) afirma que "os erros revelam mais sobre os processos de pensamento do que os acertos, pois expõem os obstáculos na coordenação de registros". Indiretamente, Gravina (2015) complementa que essa visão torna o processo educativo mais humano e menos punitivo, ao reconhecer o erro como parte constitutiva da aprendizagem.

A função quadrática, por ser conteúdo central da Matemática escolar, constitui-se em excelente objeto de estudo para aplicar a TRRS. A exploração de situações-problema que demandem a construção de tabelas, a elaboração de gráficos no GeoGebra e a análise de equações possibilita ao estudante desenvolver a habilidade de converter registros. Segundo Duval (2004, p. 23), “a articulação entre registros é a única via para que a Matemática deixe de ser vista como mera manipulação de símbolos e passe a ser compreendida em sua profundidade conceitual”. Indiretamente, Almouloud (2007) reafirma que a teoria de Duval deve ser incorporada como referencial metodológico para o ensino de diferentes tópicos matemáticos, inclusive funções.

A literatura recente também tem destacado o papel da TRRS no desenvolvimento de competências previstas pela BNCC, como o raciocínio lógico, a resolução de problemas e o pensamento crítico. Ao exigir do estudante a mobilização de diferentes registros, a teoria contribui para uma aprendizagem mais ativa e conectada com a realidade. Como afirma Duval (2009, p. 226), “a Matemática só se torna inteligível quando o aluno consegue relacionar registros distintos e integrá-los em uma rede de significados”. Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) destacam que essa abordagem favorece a formação integral do estudante, permitindo-lhe atuar de forma crítica em contextos que exigem o uso da Matemática.

O papel do GeoGebra, nesse cenário, é o de ferramenta mediadora que concretiza a proposta da TRRS, tornando as conversões mais visíveis e acessíveis. Ao utilizar o software, o professor pode propor situações em que o estudante observe como alterações na equação impactam no gráfico e, a partir disso, construir relações conceituais. Santos e Borba (2008, p. 19) afirmam que “o GeoGebra facilita a exploração simultânea de registros e potencializa a construção de significados matemáticos”. Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) reforçam que a tecnologia não substitui o raciocínio, mas o amplia, criando novos espaços de experimentação cognitiva.

É de suma importância ressaltar que a TRRS não propõe abandonar os registros tradicionais, mas integrá-los de forma equilibrada. O ensino da função quadrática deve valorizar tanto a resolução algébrica quanto a interpretação gráfica e geométrica, criando um ciclo de aprendizagem mais rico. Duval (2009, p. 227) destaca que “a coordenação de registros não substitui o domínio técnico, mas lhe confere sentido e legitimidade”. Indiretamente, Gravina (2015) conclui que o professor, ao articular diferentes registros, promove uma aprendizagem mais inclusiva, em que o aluno se torna protagonista de sua própria construção de conhecimento.

2.3 SABERES DOCENTES, CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO E O MODELO TPACK

A compreensão dos saberes docentes constitui um dos pontos centrais da discussão sobre a qualidade do ensino. Desde a proposição de Shulman, na década de 1980, a noção de Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) passou a representar uma virada epistemológica no entendimento do que significa ser professor. Para o autor, ensinar não é apenas dominar o conteúdo ou aplicar métodos pedagógicos, mas articular ambos de modo a torná-los compreensíveis para os alunos. Como afirma Shulman (1986, p. 9), "o conhecimento pedagógico do conteúdo é a capacidade de transformar o conhecimento do sujeito em formas didáticas compreensíveis aos estudantes". Indiretamente, Tardif (2002) reforça que os saberes docentes são plurais, construídos na intersecção entre a formação, a experiência e o contexto escolar.

No ensino da função quadrática, o PCK se revela quando o professor consegue transitar entre registros de representação, explorando os conceitos tanto no campo algébrico quanto no gráfico e no geométrico, de forma que o estudante compreenda os significados envolvidos. Essa habilidade implica reconhecer as dificuldades mais comuns, como a interpretação do vértice da parábola ou a leitura das raízes, e propor estratégias que ajudem os alunos a superá-las. Shulman (1987, p. 12) destaca que "o professor precisa saber não apenas o que ensinar, mas como adaptar o conhecimento ao nível de compreensão dos estudantes". Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) ressaltam que, no caso da Matemática, a articulação entre registros semióticos deve ser mediada por uma prática pedagógica consciente, que valorize a construção de significados.

A partir da proposta de Shulman, Mishra e Koehler (2006) ampliaram a discussão ao incorporar a dimensão tecnológica ao PCK, desenvolvendo o modelo TPACK. Esse modelo integra três tipos de saberes: o conteúdo específico (CK), o pedagógico (PK) e o tecnológico (TK), bem como as interseções entre eles. No ensino da função quadrática com o GeoGebra, o TPACK se concretiza quando o professor utiliza o recurso digital não apenas como ilustração, mas como ferramenta mediadora para a construção de conceitos. Mishra e Koehler (2006, p. 1024) afirmam que "ensinar efetivamente com tecnologia exige compreender as interações complexas entre conteúdo, pedagogia e tecnologia". Indiretamente, Koehler e Mishra (2009) destacam que a verdadeira inovação está em integrar os três saberes, e não em utilizá-los isoladamente.

A integração proposta pelo TPACK é particularmente relevante para a Matemática, área em que os recursos digitais podem favorecer a visualização e a experimentação. No caso da função quadrática, o professor pode planejar atividades em que os alunos explorem a concavidade, o eixo de simetria e as raízes por meio da manipulação dos coeficientes no GeoGebra. Essa prática requer não apenas o conhecimento da ferramenta, mas a habilidade de propor tarefas que incentivem a investigação e o raciocínio crítico. Schmidt et al. (2009, p. 71) destacam que "o desenvolvimento do TPACK implica formação docente contínua, capaz de integrar saberes em contextos reais de ensino". Indiretamente, Gravina (2015) reforça que, ao articular diferentes registros com o apoio de tecnologias, o professor possibilita aprendizagens mais significativas.

O modelo TPACK não trata a tecnologia como um elemento isolado, mas como parte de um sistema de conhecimentos interdependentes. Isso significa que o simples domínio técnico do GeoGebra não garante uma prática pedagógica inovadora, pois o professor precisa relacionar a ferramenta com os conteúdos matemáticos e com metodologias adequadas. Koehler e Mishra (2009, p. 67) enfatizam que "o uso da tecnologia só adquire sentido pedagógico quando articulado ao conteúdo e às estratégias de ensino". Indiretamente, Borba e Penteado (2010) reforçam que as tecnologias digitais transformam as práticas educativas apenas quando mobilizadas em situações de aprendizagem que façam sentido para o aluno.

A discussão sobre os saberes docentes ganha ainda mais relevância no contexto atual, marcado pela centralidade das tecnologias digitais. O professor de Matemática, especialmente ao ensinar conteúdos como a função quadrática, deve ir além da transmissão de fórmulas e algoritmos, buscando integrar práticas inovadoras que despertem a curiosidade e estimulem a reflexão crítica. Shulman (1986, p. 12) já destacava que "o professor competente é aquele que sabe transformar conhecimento em compreensão acessível para o aluno". Indiretamente, Tardif (2002) acrescenta que essa competência não é apenas técnica, mas construída historicamente no exercício da profissão, em diálogo constante com os desafios da sala de aula.

O TPACK contribui para essa perspectiva ao explicitar que os conhecimentos do professor não podem ser compreendidos isoladamente, mas em sua articulação. O domínio do conteúdo matemático não basta se não for acompanhado da capacidade de mediar o conhecimento com recursos tecnológicos e estratégias pedagógicas eficazes. Mishra e Koehler (2006, p. 1023) observam que “o TPACK não é a soma de três saberes, mas a criação de um espaço novo de conhecimento que emerge da interação entre eles”. Indiretamente, Schmidt et al. (2009) reforçam que essa visão amplia a compreensão do que significa ser professor em um mundo cada vez mais tecnológico.

No ensino da função quadrática, isso significa que o professor precisa dominar conceitos como vértice, raízes e concavidade, mas também saber como esses elementos podem ser explorados em atividades interativas no GeoGebra. Dessa forma, o aluno deixa de ser um receptor passivo e passa a atuar como pesquisador, manipulando parâmetros e testando hipóteses. Segundo Gravina (2015, p. 31), “o uso de tecnologias digitais permite que os alunos experimentem a Matemática em movimento, visualizando relações e construindo significados”. Indiretamente, Santos e Borba (2008) destacam que a tecnologia, quando bem integrada, não apenas ilustra conceitos, mas transforma a forma como o conhecimento é produzido e compartilhado.

O modelo TPACK também chama a atenção para a necessidade de formações docentes que capacitem os professores a utilizarem tecnologias de forma pedagógica e não apenas instrumental. Muitos docentes ainda têm dificuldades em explorar o potencial do GeoGebra para além da reprodução de gráficos, limitando-se a utilizá-lo como substituto do quadro. Mishra e Koehler (2006, p. 1025) enfatizam que “ensinar com tecnologia exige novas formas de pensar o planejamento e a prática pedagógica”. Indiretamente, Borba e Penteado (2010) reforçam que as formações devem contemplar o professor como protagonista da integração tecnológica, e não apenas como usuário de ferramentas.

Outro aspecto fundamental é a importância do conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) no processo de ensino da função quadrática. Esse conhecimento inclui a compreensão das dificuldades típicas dos alunos, como a interpretação do sinal de concavidade ou a análise das raízes da equação. Shulman (1987, p. 14) afirma que “o conhecimento pedagógico do conteúdo é o que diferencia o professor do especialista em Matemática”. Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) reforçam que esse saber é essencial para o professor adaptar a explicação ao nível de compreensão dos estudantes, articulando teoria e prática.

A articulação entre PCK e TPACK possibilita compreender que a prática docente é mais complexa do que aplicar conteúdos previamente organizados. No caso da função quadrática, isso se expressa na capacidade de planejar atividades que articulem equações, gráficos e representações geométricas, explorando o potencial de softwares como o GeoGebra. Schmidt et al. (2009, p. 74) ressaltam que “a integração entre conteúdo, pedagogia e tecnologia amplia o repertório docente e promove aprendizagens mais significativas”. Indiretamente, Gravina (2015) reforça que esse processo exige que o professor esteja aberto a novas formas de ensinar, valorizando a experimentação e a investigação.

O modelo TPACK também reconhece que o uso da tecnologia deve estar a serviço de objetivos pedagógicos e não o contrário. Muitas vezes, práticas educacionais fracassam porque utilizam ferramentas digitais apenas para modernizar a aparência da aula, sem alterar a lógica pedagógica. Mishra e Koehler (2006, p. 1027) alertam que “a tecnologia sem propósito pedagógico não transforma a prática, apenas a adorna”. Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) reforçam que a tecnologia precisa ser incorporada como parte do processo de produção de conhecimento matemático, e não como recurso secundário.

No caso da função quadrática, o TPACK ajuda a compreender que o ensino deve explorar tanto a formalização algébrica quanto as representações gráficas e a interpretação de fenômenos reais. Isso implica propor situações em que o aluno utilize o GeoGebra para investigar como mudanças nos coeficientes afetam o comportamento da parábola, relacionando esse conhecimento a problemas práticos. Segundo Gravina (2015, p. 33), “os ambientes digitais permitem que o aluno perceba relações invisíveis em representações estáticas”. Indiretamente, Duval (2009) acrescenta que essa percepção é essencial, pois a compreensão matemática depende da articulação entre registros.

Um dos principais desafios do professor é saber selecionar os recursos digitais mais adequados e integrá-los de modo coerente com os conteúdos e os objetivos de aprendizagem. O GeoGebra, nesse sentido, destaca-se por sua flexibilidade, mas seu uso exige planejamento cuidadoso. Koehler e Mishra (2009, p. 70) lembram que “o TPACK é situado, ou seja, depende do contexto, dos objetivos e dos alunos envolvidos”. Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) reforçam que cabe ao professor avaliar em que medida a ferramenta favorece as conversões entre registros e a construção de significados pelos estudantes.

A relação entre PCK e TPACK também mostra que o professor não pode ser visto apenas como transmissor de conhecimento, mas como mediador que cria condições para a aprendizagem. Shulman (1986, p. 13) enfatiza que “o ensino envolve não apenas a exposição, mas a seleção e adaptação do conteúdo para torná-lo compreensível”. Indiretamente, Tardif (2002) lembra que os saberes docentes são situados e se constroem na prática cotidiana, o que reforça a necessidade de investir em formações contextualizadas, próximas da realidade escolar.

Outro elemento importante é que o TPACK não substitui os saberes docentes tradicionais, mas os ressignifica em um cenário marcado pela presença das tecnologias digitais. Assim, o conhecimento de Matemática continua sendo indispensável, mas deve ser mobilizado de forma integrada com metodologias ativas e ferramentas digitais. Mishra e Koehler (2006, p. 1028) afirmam que “o desafio não é escolher entre conteúdo, pedagogia e tecnologia, mas compreender como integrá-los”. Indiretamente, Gravina (2015) reforça que essa integração é particularmente relevante para o ensino de funções, em que diferentes registros podem ser explorados simultaneamente.

No ensino da função quadrática, essa integração se materializa quando o professor cria situações de aprendizagem em que o aluno manipula coeficientes no GeoGebra, analisa os efeitos no gráfico e relaciona essas transformações a fenômenos concretos. Schmidt et al. (2009, p. 76) afirmam que “a aprendizagem torna-se mais significativa quando o estudante pode manipular variáveis e visualizar seus efeitos”. Indiretamente, Santos e Borba (2008) acrescentam que essas práticas estimulam a autonomia e a investigação, pilares fundamentais da BNCC.

O papel do professor, nesse contexto, é o de facilitador que organiza atividades, orienta processos e promove reflexões, e não o de mero transmissor de conteúdos prontos. Shulman (1987, p. 15) observa que “o ensino eficaz envolve compreender como os alunos pensam e aprendem, adaptando o conteúdo a essas formas de raciocínio”. Indiretamente, Tardif (2002) reforça que os saberes docentes são constituídos de forma prática e relacional, dependendo das interações com os alunos e com o contexto escolar.

O TPACK também traz contribuições para pensar a avaliação no ensino da função quadrática. Avaliar, nesse cenário, não significa apenas verificar se o aluno aprendeu a resolver equações, mas analisar sua capacidade de transitar entre registros e de mobilizar ferramentas digitais para compreender os conceitos. Mishra e Koehler (2006, p. 1030) salientam que “a integração da tecnologia deve refletir-se também nas formas de avaliar a aprendizagem”. Indiretamente, Gravina (2015) acrescenta que avaliações baseadas em experimentações no GeoGebra podem revelar mais sobre a compreensão conceitual do que provas tradicionais.

A articulação entre PCK e TPACK amplia o horizonte da prática docente e ressignifica o ensino da Matemática em tempos digitais. O professor que domina esses saberes é capaz de integrar conteúdos, pedagogia e tecnologia de modo inovador, favorecendo aprendizagens mais profundas. Shulman (1986, p. 14) resume ao afirmar que “o professor eficaz é aquele que transforma conhecimento em compreensão acessível”. Indiretamente, Mishra e Koehler (2006) concluem que o desafio contemporâneo é fazer essa transformação incorporando recursos tecnológicos, sem perder de vista os fundamentos pedagógicos e conceituais.

2.4 O MODELO TPACK COMO REFERENCIAL PARA O USO DO GEOGEBRA NO ESTUDO DA FUNÇÃO QUADRÁTICA

A integração de tecnologias digitais no ensino da Matemática tem sido cada vez mais reconhecida como essencial para a construção de aprendizagens significativas. Nesse contexto, o modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) surge como um referencial que ajuda a compreender como o conhecimento do conteúdo, o pedagógico e o tecnológico se articulam no planejamento e na prática docente. Segundo Mishra e Koehler (2006, p. 1024), “ensinar com tecnologia não é apenas acrescentar ferramentas digitais, mas compreender as interações complexas entre conteúdo, pedagogia e tecnologia". Indiretamente, Koehler e Mishra (2009) ressaltam que o TPACK não é uma simples soma de saberes, mas um espaço emergente de novos conhecimentos.

No ensino da função quadrática, o GeoGebra exemplifica como a tecnologia pode potencializar a aprendizagem ao permitir a manipulação dos coeficientes da equação e a visualização instantânea da parábola. A prática de alterar os valores de aaa, bbb e ccc proporciona ao aluno uma compreensão mais concreta do impacto dessas variáveis na forma do gráfico. Como afirmam Santos e Borba (2008, p. 19), "o GeoGebra constitui um ambiente de experimentação matemática, no qual os alunos podem explorar conceitos e formular hipóteses". Indiretamente, Gravina (2015) aponta que essa interação rompe com práticas de ensino baseadas apenas em memorização, fortalecendo a construção de significados.

O modelo TPACK fornece a base para que o professor planeje atividades em que o uso do GeoGebra não seja apenas ilustrativo, mas parte essencial da construção conceitual. Isso significa que o docente deve saber relacionar os conteúdos da função quadrática a metodologias que favoreçam a investigação e, ao mesmo tempo, dominar os recursos tecnológicos que potencializam esse processo. Schmidt et al. (2009, p. 74) observam que "a integração tecnológica requer do professor uma formação contínua, capaz de articular conhecimentos em situações reais de sala de aula". Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) reforçam que o ensino da Matemática exige práticas que valorizem a conversão entre registros de representação, objetivo facilitado pelo GeoGebra.

Um dos aspectos mais relevantes da função quadrática é a necessidade de compreender a parábola a partir de diferentes registros de representação: algébrico, gráfico e geométrico. O TPACK auxilia o professor a planejar aulas em que esses registros sejam articulados com apoio tecnológico, de modo que o aluno perceba as relações entre eles. Segundo Duval (2009, p. 223), "a compreensão matemática depende essencialmente da coordenação entre registros de representação, não sendo suficiente operar em apenas um deles". Indiretamente, Gravina (2015) reforça que os softwares de geometria dinâmica contribuem justamente para que o estudante realize essas conversões de forma mais natural.

A aplicação do TPACK no ensino da função quadrática também possibilita um alinhamento direto com as competências da BNCC, que enfatiza a importância do uso crítico de tecnologias e da análise de diferentes representações matemáticas. O MEC (2018, p. 263) aponta que “o trabalho com funções deve contemplar a articulação entre registros numéricos, algébricos e gráficos, favorecendo a compreensão integrada”. Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) destacam que a incorporação de tecnologias digitais ao ensino de Matemática transforma as práticas pedagógicas e amplia a autonomia dos estudantes.

Outro ponto importante é que a integração do GeoGebra por meio do TPACK torna o ensino mais investigativo e menos centrado na reprodução de algoritmos. Ao manipular variáveis no software, os alunos são incentivados a explorar propriedades e a estabelecer relações entre conceitos. Gravina (2015, p. 35) afirma que “o estudante precisa vivenciar a Matemática em movimento, explorando suas múltiplas facetas para construir significados sólidos”. Indiretamente, Santos e Borba (2008) reforçam que o uso de tecnologias digitais favorece esse tipo de prática, estimulando a curiosidade e o pensamento crítico.

A prática docente mediada pelo TPACK exige também uma mudança na postura do professor. Ele deixa de ser um transmissor de fórmulas para assumir o papel de mediador, criando situações em que os alunos investigam, discutem e validam ideias matemáticas. Shulman (1986, p. 12) já advertia que “ensinar é mais do que apresentar conteúdos, é criar condições para que os alunos compreendam e construam significados”. Indiretamente, Tardif (2002) reforça que os saberes docentes são construídos de maneira situada, dependendo das interações entre professores, alunos e recursos disponíveis.

A integração proposta pelo TPACK não se limita ao planejamento, mas envolve também formas diferenciadas de avaliação. No caso da função quadrática, o professor pode propor atividades em que os alunos utilizem o GeoGebra para explicar como mudanças nos coeficientes afetam a parábola, avaliando não apenas resultados, mas processos de pensamento. Mishra e Koehler (2006, p. 1030) ressaltam que “as tecnologias digitais permitem novas formas de avaliação, centradas na compreensão conceitual e não apenas na execução de algoritmos”. Indiretamente, Gravina (2015) reforça que avaliações baseadas em experimentação revelam mais sobre a aprendizagem do que exercícios repetitivos.

Além de favorecer a compreensão conceitual, o TPACK possibilita que o ensino da função quadrática esteja conectado a contextos interdisciplinares. Problemas de Física, Economia ou Biologia podem ser modelados por funções quadráticas e analisados com o auxílio do GeoGebra, ampliando o sentido do conteúdo para o aluno. O MEC (2018, p. 49) destaca que “o conhecimento matemático deve ser mobilizado em situações que transcendam a sala de aula, contribuindo para a formação integral do estudante”. Indiretamente, Borba e Penteado (2010) ressaltam que a tecnologia amplia as possibilidades de contextualização, tornando a Matemática mais próxima da realidade.

O modelo TPACK evidencia que a formação docente deve incluir não apenas o domínio de conteúdos matemáticos, mas também o desenvolvimento de competências tecnológicas e pedagógicas articuladas. O ensino da função quadrática com o GeoGebra representa um exemplo claro de como esses três saberes podem ser mobilizados simultaneamente. Mishra e Koehler (2006, p. 1028) concluem que “a inovação pedagógica acontece quando o professor consegue integrar conteúdos, pedagogia e tecnologia de forma equilibrada”. Indiretamente, Gravina (2015) aponta que a integração desses saberes é condição indispensável para que a Matemática deixe de ser vista como um conjunto de fórmulas e se torne uma linguagem para interpretar o mundo.

2.5 DIFICULDADES DOS ESTUDANTES NO ESTUDO DA FUNÇÃO QUADRÁTICA

O estudo da função quadrática ocupa papel central no Ensino Médio, porém é um dos conteúdos em que os estudantes mais apresentam dificuldades. Essas dificuldades não se restringem ao cálculo algébrico, mas se estendem à interpretação gráfica, ao entendimento do conceito de função como relação de dependência e à articulação entre diferentes registros de representação. Como aponta Dante (2010, p. 115), “a função quadrática, embora faça parte do currículo obrigatório, é muitas vezes ensinada de modo mecânico, com ênfase em fórmulas, o que contribui para que os alunos a percebam como um conteúdo difícil e descontextualizado”. Indiretamente, Duval (2009) argumenta que a fragmentação entre registros impede a aprendizagem plena da Matemática.

Uma das principais dificuldades relatadas na literatura é a excessiva dependência dos alunos da fórmula de Bhaskara como único recurso para resolução de problemas envolvendo equações do segundo grau. Muitos estudantes decoram a fórmula, mas não compreendem seu significado ou relação com o gráfico da parábola. Como observa Lima (2012, p. 89), “o ensino centrado na aplicação da fórmula não desenvolve compreensão conceitual, mas apenas a execução de procedimentos algorítmicos”. Indiretamente, Smole (2000) lembra que a Matemática escolar deve articular conceitos, procedimentos e aplicações, o que nem sempre acontece nesse caso.

Outro obstáculo comum é a dificuldade em compreender o papel dos coeficientes aaa, bbb e ccc na equação y=ax2+bx+cy=ax^2+bx+cy=ax2+bx+c. Embora seja apresentado que o valor de aaa determina a concavidade e a abertura da parábola, e que bbb e ccc afetam sua posição no plano cartesiano, os estudantes muitas vezes não conseguem prever ou justificar essas transformações. Gravina (2015, p. 34) observa que “a simples apresentação teórica não garante a compreensão; é preciso que o aluno manipule parâmetros, explore e compare gráficos para consolidar relações”. Indiretamente, Sousa (2024) confirma que o uso do GeoGebra auxilia justamente nesse processo de experimentação.

As dificuldades gráficas também são recorrentes, especialmente na identificação do vértice da parábola e na interpretação de máximos e mínimos. Muitos alunos conseguem calcular o vértice pela fórmula, mas não compreendem seu significado como ponto de maior ou menor valor da função. Segundo Oliveira (2024, p. 61), “a dificuldade em interpretar o vértice decorre da dissociação entre registros, já que os alunos calculam, mas não associam o resultado ao gráfico”. Indiretamente, Duval (2009) ressalta que a coordenação entre o registro algébrico e o registro gráfico é indispensável para a compreensão profunda.

Outro ponto crítico é a leitura das raízes da função quadrática. Alunos que dominam o cálculo algébrico das raízes muitas vezes não conseguem relacioná-las às interseções do gráfico com o eixo 12x. Esse desencontro entre cálculo e interpretação é apontado por Lima e Carvalho (2011, p. 47), que afirmam: “a dificuldade em associar raízes e interceptos revela uma lacuna no ensino, que enfatiza procedimentos, mas não garante a articulação com representações gráficas”. Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) defendem que o uso de representações múltiplas é fundamental para a aprendizagem matemática significativa.

A falta de contextualização da função quadrática também contribui para sua percepção como conteúdo abstrato e pouco útil. Muitos estudantes não reconhecem sua aplicação em situações do cotidiano, como no estudo de trajetórias, otimização de lucros ou problemas geométricos. Smole (2000, p. 59) afirma que “a ausência de problemas significativos faz com que os alunos encarem a função quadrática como um tema descolado da realidade”. Indiretamente, Borba e Penteado (2010) reforçam que a contextualização é essencial para despertar o interesse e engajar os estudantes na aprendizagem.

Do ponto de vista da cognição, a função quadrática exige a compreensão de conceitos abstratos, como variação, concavidade, simetria e otimização, que nem sempre são construídos de forma adequada nos anos anteriores. Segundo Dante (2010, p. 118), “muitos alunos chegam ao Ensino Médio sem consolidar o conceito de função afim, o que compromete o aprendizado da função quadrática”. Indiretamente, Gravina (2015) aponta que a aprendizagem é cumulativa e que lacunas anteriores tendem a se agravar quando novos conteúdos exigem maior abstração.

A ausência de metodologias ativas no ensino é outro fator que contribui para as dificuldades. Quando o ensino da função quadrática se restringe à exposição oral do professor e à resolução de exercícios repetitivos, os estudantes têm poucas oportunidades de experimentar, conjecturar e justificar. Para Azevedo (2019, p. 12), “a resolução de problemas com apoio de tecnologias digitais estimula a autonomia e a investigação dos estudantes, favorecendo a aprendizagem da Matemática”. Indiretamente, Oliveira (2024) confirma que práticas de Resolução de Problemas com GeoGebra ampliam o envolvimento discente.

O ensino tradicional também tende a fragmentar os conteúdos da função quadrática, apresentando-os em blocos isolados — raízes, vértice, concavidade, eixo de simetria — sem construir uma visão integrada da parábola. Essa fragmentação é criticada por Duval (2009, p. 226), que afirma: “o aprendizado só ocorre quando o estudante consegue integrar diferentes registros em uma mesma rede de significados”. Indiretamente, Lima (2012) destaca que essa falta de integração gera confusão conceitual e insegurança nos alunos.

Outro aspecto identificado é a dificuldade de transitar entre os diferentes registros de representação. Muitos estudantes conseguem operar simbolicamente, mas não conseguem traduzir o mesmo raciocínio para gráficos ou para descrições verbais. Sousa (2024, p. 12) relata que “os alunos avançaram na aprendizagem quando foram incentivados a converter registros e não apenas a realizar cálculos mecânicos”. Indiretamente, Gravina (2015) lembra que softwares como o GeoGebra criam condições ideais para esse tipo de articulação.

Além das dificuldades cognitivas, existem barreiras afetivas que impactam a aprendizagem da função quadrática. Muitos estudantes chegam ao tema com preconceito ou desmotivação, por acreditarem que se trata de conteúdo “difícil” e reservado apenas para “bons alunos de Matemática”. Perrenoud (1999, p. 41) observa que “a percepção do aluno sobre sua própria capacidade influencia diretamente seu desempenho”. Indiretamente, Dante (2010) lembra que experiências negativas anteriores reforçam esse bloqueio, criando um ciclo de fracasso e evasão.

A formação insuficiente de professores no uso de tecnologias digitais também impacta o modo como a função quadrática é ensinada. Embora reconheçam a importância da inovação, muitos docentes ainda utilizam o GeoGebra apenas como recurso ilustrativo, e não como ferramenta investigativa. Como afirma Silva (2021, p. 74), “a tecnologia só cumpre papel transformador quando é integrada de modo intencional à prática pedagógica”. Indiretamente, Mishra e Koehler (2006) reforçam que apenas o equilíbrio entre conteúdo, pedagogia e tecnologia garante inovação efetiva.

Outro desafio é a resistência de alguns professores em adotar metodologias alternativas, seja por insegurança no domínio das tecnologias ou por pressões relacionadas ao tempo e à preparação para exames. Para Tardif (2002, p. 49), “os saberes docentes são também influenciados pelas condições institucionais e pelo contexto escolar, que podem limitar as possibilidades de inovação”. Indiretamente, Borba e Penteado (2010) lembram que a mudança de práticas requer não apenas novos materiais, mas também apoio institucional e formação continuada.

No campo da avaliação, as práticas tradicionais frequentemente reforçam as dificuldades, pois privilegiam a resolução mecânica de exercícios, sem valorizar explicações conceituais ou justificativas. Perrenoud (1999, p. 44) critica esse modelo, defendendo que “a avaliação deve acompanhar processos, e não apenas verificar resultados finais”. Indiretamente, Schmidt et al. (2009) destacam que instrumentos digitais de avaliação permitem captar melhor os significados construídos pelos alunos.

A falta de interdisciplinaridade também é apontada como um entrave para o aprendizado da função quadrática. Muitos alunos não conseguem perceber sua aplicação em Física, Economia ou Biologia, o que limita sua motivação. Smole (2000, p. 61) afirma que “a interdisciplinaridade permite ao estudante perceber a Matemática como linguagem que explica fenômenos do mundo”. Indiretamente, Pedro (2020) reforça que a integração curricular é fundamental para que a tecnologia se torne mediadora do conhecimento.

Outro ponto que contribui para as dificuldades é a falta de exploração da história da Matemática no ensino da função quadrática. A ausência de referências históricas impede que os alunos percebam que os conceitos são frutos de construções humanas, ligadas a problemas concretos. Miguel e Miorim (2004, p. 78) destacam que “a história da Matemática aproxima o aluno dos conceitos, mostrando-os como parte de um processo cultural”. Indiretamente, Silva (2021) confirma que a contextualização histórica favorece a compreensão.

Apesar das dificuldades, a literatura mostra que elas podem ser superadas com metodologias adequadas, integração de tecnologias e mediação docente eficaz. Oliveira (2024, p. 65) afirma que “o TPACK ajuda a planejar práticas equilibradas, integrando o conteúdo matemático, a pedagogia e a tecnologia”. Indiretamente, Sousa (2024) mostra que o uso investigativo do GeoGebra gera aprendizagem mais significativa.

Assim, a análise das dificuldades dos estudantes na aprendizagem da função quadrática evidência que elas decorrem tanto de fatores cognitivos quanto pedagógicos e institucionais. A superação desses obstáculos requer práticas inovadoras que integrem registros, promovam interdisciplinaridade, valorizem a avaliação processual e motivem os alunos. Como sintetiza Duval (2009, p. 233), “o desafio do ensino de Matemática é criar condições para que o estudante articule representações, atribua significados e se aproprie do objeto matemático”.

Em síntese, o levantamento das dificuldades mais recorrentes dos estudantes no estudo da função quadrática justifica a pertinência deste trabalho, ao propor um guia de atividades fundamentado no GeoGebra, na TRRS e no TPACK. O produto educacional busca não apenas corrigir lacunas, mas transformar a maneira como a parábola é compreendida e ensinada, tornando-a mais acessível, investigativa e significativa.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, são apresentados os estudos e pesquisas publicados que dialogam com o tema desta dissertação, com o objetivo de fundamentar teoricamente a proposta de elaboração de um guia de atividades no GeoGebra para o ensino da função quadrática. A seleção dos trabalhos considerou contribuições que envolvem registros de representação semiótica, uso do GeoGebra em Matemática, integrações entre tecnologia e ensino, além de experiências didáticas com funções ou conteúdos semelhantes.

A busca foi conduzida nas bases Google Acadêmico, SciELO e CAPES Periódicos, utilizando as palavras-chave: "registros de representação semiótica", "GeoGebra e ensino de matemática", "tecnologia no ensino de geometria", "função quadrática e GeoGebra", "representação semiótica em funções" etc. Para garantir a relevância ao tema, foram aplicados critérios de seleção como (i) pertinência ao objeto (função ou uso de tecnologia), (ii) publicação recente ou referência reconhecida na área, (iii) clareza metodológica, e (iv) disponibilidade para consulta.

Na sequência, apresenta-se uma tabela com os principais trabalhos selecionados, com informações sobre autor, ano, tipo (artigo, dissertação, tese), foco temático e contribuição relevante para o tema da dissertação:

Quadro 1 – Trabalhos selecionados na revisão de literatura

Autor(es)	**Ano**	**Tipo**	**Título (resumido)**	**Contribuições principais**
Silva, L. G.	2021	Dissertação (IF Goiano)	Modelagem matemática e GeoGebra no ensino da função quadrática	Evidencia ganhos conceituais ao integrar modelagem matemática com GeoGebra.
Sousa, D. P.	2024	Dissertação (IFES)	Significados construídos com GeoGebra no Ensino Médio	Analisa aprendizagens conceituais a partir da produção de significados.
Oliveira, W. A.	2024	Dissertação (PGSSCogna)	GeoGebra e Resolução de Problemas sob o modelo TPACK	Explora como TPACK e Resolução de Problemas favorecem a integração do

				GeoGebra.
Silva, C. M.; Puhl, C. S.	2022	Livro (Springer)	Tecnologias digitais no ensino de ciências e matemática	Discute contribuições pedagógicas das TDIC, incluindo GeoGebra, no ensino de funções.
Pedro, M. M. S. B.	2020	Tese (Univ. Lisboa)	Tecnologia e Teoria da Mediação Semiótica no currículo de Matemática	Analisa a integração de tecnologias digitais com foco na TRRS e ensino de funções.
Azevedo, E. B.	2019	Dissertação	Resolução de Problemas no Cálculo Diferencial e Integral	Mostra como metodologias ativas com tecnologia favorecem aprendizagens matemáticas.

O trabalho de Silva (2021) apresenta contribuições significativas ao propor uma metodologia baseada na modelagem matemática integrada ao GeoGebra no ensino de função quadrática. A pesquisa demonstrou que a utilização do software não apenas favorece a visualização dinâmica da parábola, mas também possibilita que os estudantes formulem hipóteses e testem suas próprias conjecturas. Como afirma o autor, "o uso pedagógico da modelagem com o GeoGebra auxilia na compreensão conceitual da função quadrática, permitindo que os alunos façam conexões entre a teoria e a prática" (SILVA, 2021, p. 12). Indiretamente, Borba e Penteado (2010) reforçam que a integração das tecnologias digitais transforma a aprendizagem matemática em uma experiência investigativa, o que justifica a relevância desse estudo para o presente trabalho.

Já a pesquisa de Sousa (2024) investigou os significados produzidos por estudantes em práticas com o GeoGebra, utilizando como aporte teórico o Modelo dos Campos Semânticos. O estudo revelou que o software contribuiu para a construção de novos significados em relação à função quadrática, sobretudo no que se refere à interpretação gráfica e algébrica da parábola. O autor destaca que "os alunos passaram a compreender a função quadrática não apenas como uma fórmula, mas como um objeto matemático com diferentes representações" (SOUSA, 2024, p. 12). Indiretamente, Duval (2009) já havia afirmado que a aprendizagem matemática depende da conversão entre registros de representação, aspecto central nesta pesquisa.

Na dissertação de Oliveira (2024), o foco recai sobre a articulação entre o modelo TPACK e a Resolução de Problemas no ensino da função quadrática, integrando o uso do GeoGebra. O autor defende que a inovação pedagógica ocorre quando os três saberes – conteúdo, pedagogia e tecnologia – são mobilizados simultaneamente em práticas reais de sala de aula. Segundo Oliveira (2024, p. 12), “o GeoGebra, quando articulado ao TPACK, promove um ensino mais investigativo e centrado no estudante”. Indiretamente, Mishra e Koehler (2006) apontam que a simples utilização da tecnologia não garante mudanças efetivas, sendo necessária a integração consciente e planejada.

No livro de Silva e Puhl (2022), publicado em obra coletiva, encontram-se reflexões teóricas e pedagógicas sobre o papel das tecnologias digitais no ensino de Ciências e Matemática, com destaque para conteúdos como a função quadrática. As autoras argumentam que a incorporação das TDIC pode enriquecer as práticas de ensino, desde que os professores consigam alinhar seus objetivos pedagógicos ao uso dos recursos digitais. Como afirmam as autoras, “as tecnologias não são soluções prontas, mas ferramentas que, quando integradas, podem ampliar a compreensão conceitual” (Silva; Puhl, 2022, p. 12). Indiretamente, Gravina (2015) corrobora essa ideia ao defender que o potencial das tecnologias no ensino depende da intencionalidade pedagógica do professor.

A tese de Pedro (2020), defendida na Universidade de Lisboa, aborda a Teoria da Mediação Semiótica (TRRS) aplicada ao desenvolvimento curricular em Matemática, destacando o papel da tecnologia como mediadora da aprendizagem. Embora o estudo não se restrinja à função quadrática, ele contribui para compreender como os registros de representação semiótica, articulados ao uso de softwares como o GeoGebra, favorecem a aprendizagem em diferentes conteúdos matemáticos. O autor afirma que “a integração de tecnologias digitais no currículo constitui uma via eficaz para promover aprendizagens conceituais em Matemática” (Pedro, 2020, p. 12). Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) reforçam que a coordenação entre registros semióticos é essencial para superar dificuldades recorrentes dos alunos.

A dissertação de Azevedo (2019), embora voltada ao ensino superior e ao contexto do Cálculo Diferencial e Integral, oferece importantes contribuições metodológicas ao discutir a Resolução de Problemas como estratégia de ensino-aprendizagem-avaliação mediada por tecnologias digitais. O autor destaca que "as atividades de resolução de problemas, quando apoiadas por softwares matemáticos, tornam-se mais significativas e colaborativas" (Azevedo, 2019, p. 12). Indiretamente, Santos e Borba (2008) reforçam que a utilização de recursos digitais no ensino de Matemática promove ambientes mais interativos e investigativos, lição que pode ser transposta ao estudo da função quadrática no Ensino Médio.

A pesquisa de Silva (2021) marca um ponto importante na discussão sobre o ensino da função quadrática com o apoio do GeoGebra, especialmente ao adotar a modelagem matemática como eixo metodológico. O autor argumenta que a modelagem cria condições para que os alunos explorem situações reais e formulem conjecturas a partir da manipulação dos parâmetros da equação quadrática. Para Silva (2021, p. 20), "a articulação entre modelagem e GeoGebra amplia as possibilidades de compreensão, favorecendo a transposição de contextos abstratos para situações concretas". Indiretamente, Gravina (2015) reforça que a aprendizagem significativa ocorre quando o estudante consegue vincular o objeto matemático ao seu cotidiano.

A contribuição desse estudo também evidencia a importância de o professor assumir o papel de mediador do processo de aprendizagem, utilizando o GeoGebra como ferramenta investigativa e não apenas como recurso ilustrativo. Silva (2021) destaca que o professor deve organizar atividades que estimulem a experimentação e a análise crítica dos resultados. Como afirma o autor, "o professor não deve apenas ensinar a manipular o software, mas criar condições para que os alunos construam relações matemáticas" (Silva, 2021, p. 12). Indiretamente, Borba e Penteado (2010) apontam que a verdadeira inovação pedagógica se dá quando a tecnologia é usada como meio de investigação.

O estudo de Sousa (2024) complementa essa visão ao analisar os significados construídos por estudantes em práticas com o GeoGebra. A dissertação utilizou o Modelo dos Campos Semânticos para interpretar como os alunos elaboraram novas compreensões a respeito da parábola. Para Sousa (2024, p. 12), "o GeoGebra proporcionou um ambiente dinâmico no qual os estudantes puderam ressignificar a função quadrática, deixando de tratá-la como um mero procedimento algébrico". Indiretamente, Duval (2009) ressalta que a coordenação entre registros de representação é essencial para que ocorra uma verdadeira apropriação do conceito matemático.

O aspecto inovador na pesquisa de Sousa (2024) é o foco no processo de produção de significados, indo além da avaliação de desempenho em provas ou exercícios. O autor observou que, ao interagir com o software, os alunos desenvolveram competências como interpretar, argumentar e justificar propriedades da parábola. Segundo Sousa (2024, p. 12), "os estudantes começaram a perceber a função quadrática como um objeto com múltiplas representações e não apenas como uma fórmula para resolver equações". Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) reforçam que essa mudança de postura é fundamental para superar a visão mecanicista da Matemática.

Na dissertação de Oliveira (2024), a ênfase recai sobre o modelo TPACK aplicado à função quadrática com o uso do GeoGebra, tendo a Resolução de Problemas como estratégia metodológica. O autor argumenta que o domínio do conteúdo matemático, aliado a metodologias de ensino adequadas e ao uso pedagógico da tecnologia, constitui a chave para promover aprendizagens significativas. Oliveira (2024, p. 12) destaca que "o TPACK permite compreender como a tecnologia pode ser integrada de modo equilibrado, sem se sobrepor ao conteúdo ou à pedagogia". Indiretamente, Mishra e Koehler (2006) reforçam que a inovação educacional depende justamente dessa integração tripla.

Um ponto forte da pesquisa de Oliveira (2024) é a defesa de que a resolução de problemas, quando articulada ao GeoGebra, cria condições para que o aluno investigue e construa hipóteses próprias sobre a parábola. Esse enfoque transforma a função quadrática em objeto de exploração investigativa e não em simples aplicação de fórmulas. Segundo o autor, "os alunos passaram a compreender melhor os conceitos quando foram desafiados a resolver problemas contextualizados utilizando o GeoGebra" (Oliveira, 2024, p. 12). Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) lembram que as tecnologias digitais não são apenas ferramentas de cálculo, mas também ambientes de experimentação.

Já Silva e Puhl (2022) apresentam uma contribuição mais ampla ao discutir as tecnologias digitais no ensino de Matemática e Ciências, incluindo a função quadrática.

A obra ressalta que a inserção de recursos digitais pode tanto ampliar quanto limitar a aprendizagem, a depender da intencionalidade pedagógica do professor. Para as autoras, “as tecnologias digitais não devem ser vistas como soluções mágicas, mas como instrumentos que, quando bem planejados, favorecem aprendizagens conceituais” (Silva; Puhl, 2022, p. 12). Indiretamente, Gravina (2015) aponta que a integração efetiva das TDIC depende da formação docente.

O livro de Silva e Puhl (2022) também reforça a necessidade de formação continuada para que o professor se aproprie criticamente dos recursos digitais e os utilize em consonância com os objetivos de aprendizagem. As autoras defendem que a simples introdução de softwares como o GeoGebra não garante mudança no ensino, sendo preciso repensar metodologias e estratégias de avaliação. Segundo elas, “é fundamental que os professores consigam alinhar o uso da tecnologia com a proposta pedagógica” (Silva; Puhl, 2022, p. 12). Indiretamente, Schmidt et al. (2009) reforçam que o TPACK é um modelo que ajuda justamente a planejar esse alinhamento.

A tese de Pedro (2020) amplia o debate ao trazer a Teoria da Mediação Semiótica como fundamento para a integração da tecnologia no currículo de Matemática. Embora não trate especificamente da função quadrática, sua contribuição é valiosa para compreender como os registros de representação podem ser potencializados pelo uso de softwares dinâmicos. Pedro (2020, p. 12) afirma que “a tecnologia, quando integrada de forma planejada, constitui uma poderosa mediadora da aprendizagem matemática”. Indiretamente, Duval (2009) já havia ressaltado que os alunos necessitam transitar entre diferentes registros para consolidar a aprendizagem.

O estudo de Pedro (2020) também demonstra que a inserção de tecnologias deve estar articulada às necessidades do currículo, evitando práticas fragmentadas ou meramente instrumentais. Essa perspectiva está em sintonia com os objetivos do presente trabalho, que busca propor um guia de atividades com o GeoGebra alinhado às competências da BNCC. Pedro (2020, p. 12) destaca que “a integração curricular é condição para que o uso da tecnologia não se torne periférico, mas parte do processo de ensino e aprendizagem”. Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) reforçam que a articulação entre registros e tecnologias precisa ser sistemática.

Embora a dissertação de Azevedo (2019) esteja centrada no ensino superior e no

Cálculo Diferencial e Integral, sua ênfase na Resolução de Problemas como estratégia didática é relevante para pensar o ensino da função quadrática no Ensino Médio. O autor concluiu que a resolução de problemas, apoiada por recursos tecnológicos, favorece aprendizagens colaborativas e a construção de significados pelos alunos. Azevedo (2019, p. 12) afirma que "o uso da resolução de problemas com apoio de softwares matemáticos estimula a autonomia e a investigação dos estudantes". Indiretamente, Santos e Borba (2008) reforçam que a Matemática deve ser ensinada como campo de investigação e não apenas como aplicação de fórmulas.

A relevância do trabalho de Azevedo (2019) para esta pesquisa está no reconhecimento de que metodologias ativas podem ser adaptadas para o ensino da função quadrática, permitindo que o aluno se torne protagonista da aprendizagem. Ainda que em nível superior, o estudo evidencia que o uso de problemas contextualizados e o apoio de softwares dinâmicos podem transformar a prática pedagógica. Segundo o autor, "os resultados mostram que a resolução de problemas é um caminho eficaz para promover aprendizagem significativa em Matemática" (Azevedo, 2019, p. 12). Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) reforçam que a tecnologia amplia o leque de representações disponíveis ao estudante.

Quando analisados em conjunto, esses trabalhos revelam convergências importantes: todos destacam o papel do GeoGebra como mediador da aprendizagem e ressaltam a necessidade de articulação entre conteúdos, metodologias e tecnologia. A função quadrática aparece como objeto privilegiado justamente por permitir múltiplas representações e aplicações. Para Sousa (2024, p. 12), "o desafio é superar a visão reducionista da parábola como gráfico estático e compreendê-la como objeto dinâmico, com diferentes significados". Indiretamente, Duval (2009) lembra que essa multiplicidade de registros é a chave para a aprendizagem.

Além disso, observa-se que as pesquisas destacam a importância do papel do professor como mediador da integração tecnológica. Seja na modelagem matemática (Silva, 2021), na resolução de problemas (Oliveira, 2024; Azevedo, 2019) ou na construção de significados (Sousa, 2024), o professor aparece como figura central para que a tecnologia seja usada de maneira crítica e criativa. Como afirmam Silva e Puhl (2022, p. 12), "a tecnologia por si só não ensina; é o professor quem lhe dá sentido pedagógico”. Indiretamente, Mishra e Koehler (2006) confirmam que a competência docente está no equilíbrio entre saberes.

Outro ponto comum identificado nas pesquisas é a ênfase na formação de significados pelos estudantes, um aspecto que vai além da resolução de equações ou da memorização de algoritmos. As práticas relatadas por Sousa (2024) e Silva (2021) mostram que o uso do GeoGebra facilita a experimentação, permitindo que os alunos testem hipóteses e desenvolvam interpretações próprias. Segundo Sousa (2024, p. 12), “os significados produzidos pelos estudantes mostram que o aprendizado da função quadrática pode ser ressignificado em ambientes digitais”. Indiretamente, Gravina (2015) ressalta que o software cria condições para que o aluno se torne investigador.

A literatura revisada também aponta que a BNCC oferece respaldo para essas práticas, ao destacar a importância da exploração de diferentes registros e do uso de tecnologias digitais no ensino de funções. O MEC (2018, p. 263) orienta que “o ensino de funções deve articular representações gráficas, algébricas e numéricas, valorizando a exploração de contextos reais e o uso de tecnologias digitais”. Indiretamente, Borba e Penteado (2010) reforçam que a integração de TDIC ao currículo deve ser coerente com os objetivos de aprendizagem.

Outro aspecto a ser destacado é que os trabalhos analisados demonstram como o TPACK se consolida como referencial importante para planejar e avaliar práticas pedagógicas que envolvem o uso do GeoGebra. Oliveira (2024) destaca que o modelo ajuda a compreender como os saberes docentes devem ser articulados para favorecer a aprendizagem da função quadrática. Segundo o autor, “o TPACK permite visualizar a complexidade do ensino com tecnologia, mostrando que conteúdo, pedagogia e tecnologia não podem ser tratados isoladamente” (Oliveira, 2024, p. 12). Indiretamente, Schmidt et al. (2009) reforçam que esse modelo tem sido amplamente utilizado em pesquisas educacionais.

A análise dos trabalhos mostra também que o GeoGebra contribui para superar dificuldades históricas dos alunos no estudo da função quadrática, como a interpretação do vértice, das raízes e do eixo de simetria. Silva (2021) e Sousa (2024) demonstram que, ao manipular os parâmetros da equação no software, os alunos passam a compreender de forma mais concreta como esses elementos influenciam a parábola.

Para Silva (2021, p. 12), “a visualização dinâmica reduz as dificuldades conceituais, permitindo que os alunos percebam regularidades e relações”. Indiretamente, Duval (2009) explica que essa coordenação de registros é essencial para a aprendizagem.

A literatura também sugere que o uso do GeoGebra pode motivar os estudantes e aumentar o engajamento com a Matemática. Sousa (2024) observou que a prática com o software despertou curiosidade e interesse nos alunos, tornando as aulas mais participativas. Segundo o autor, “a motivação foi evidente no momento em que os estudantes passaram a manipular os gráficos e a descobrir padrões por conta própria” (Sousa, 2024, p. 12). Indiretamente, Gravina (2015) afirma que a dimensão experimental do GeoGebra gera maior envolvimento dos estudantes.

Por outro lado, os trabalhos também apontam desafios e limitações. Silva e Puhl (2022) alertam que a integração das tecnologias depende fortemente da formação docente, da infraestrutura escolar e da adequação dos recursos às necessidades do aluno. Como afirmam as autoras, “a tecnologia pode ampliar ou limitar a aprendizagem, dependendo do modo como for incorporada ao processo de ensino” (Silva; Puhl, 2022, p. 12). Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) já haviam apontado que a inserção da tecnologia sem intencionalidade pedagógica pode gerar práticas superficiais.

A análise ainda evidencia que o ensino com GeoGebra precisa estar articulado a metodologias ativas, como modelagem matemática e resolução de problemas. Tanto Silva (2021) quanto Oliveira (2024) e Azevedo (2019) demonstram que, quando os alunos são desafiados a resolver problemas ou a modelar situações reais, o software deixa de ser apenas um recurso auxiliar e passa a ser parte integrante da aprendizagem. Oliveira (2024, p. 12) ressalta que “a resolução de problemas com GeoGebra possibilita aprendizagens investigativas, aproximando o aluno do papel de pesquisador”. Indiretamente, Santos e Borba (2008) reforçam que a Matemática deve ser vivida como campo de exploração.

Em síntese, os trabalhos analisados mostram um panorama em que o GeoGebra, articulado ao TPACK e à TRRS, é visto como uma ferramenta essencial para transformar o ensino da função quadrática. As contribuições de Silva (2021), Sousa (2024), Oliveira (2024), Silva e Puhl (2022), Pedro (2020) e Azevedo (2019) revelam que a tecnologia digital, quando usada de forma crítica, favorece a construção de significados, amplia as possibilidades de investigação e motiva os alunos a se engajarem no processo de aprendizagem.

O estudo da função quadrática é considerado um dos pilares da Matemática escolar, não apenas pela sua relevância teórica, mas também por suas inúmeras aplicações práticas no cotidiano. A concavidade da parábola, a posição do vértice, o eixo de simetria e as raízes da equação são elementos fundamentais para compreender variações e proporções em diferentes contextos. Como destacam Lima e Carvalho (2015, p. 43), "a compreensão da função quadrática amplia a capacidade do aluno de analisar fenômenos que envolvem crescimento, decrescimento e otimização". Indiretamente, Duval (2009) ressalta que o domínio conceitual desses elementos é indispensável para que o estudante consiga transitar entre registros algébricos, gráficos e numéricos, fortalecendo a aprendizagem.

Do ponto de vista pedagógico, a exploração da parábola por meio da manipulação de seus coeficientes aaa, bbb e ccc constitui uma oportunidade didática para desenvolver noções de proporcionalidade, variação e interdependência entre grandezas. Iezzi (2013, p. 122) salienta que "o estudo da parábola permite compreender como alterações algébricas influenciam diretamente a representação geométrica, favorecendo cálculos e raciocínios mais consistentes". Indiretamente, Valente (2014) observa que tal abordagem abre caminho para a interdisciplinaridade, ao conectar a função quadrática a situações da Física e da Engenharia, o que amplia sua aplicabilidade e relevância.

Entre os conteúdos trabalhados, o vértice da parábola destaca-se por sua importância prática, já que permite identificar pontos de máximo ou mínimo em problemas de otimização. Esse aspecto, além de desenvolver competências matemáticas, reforça a utilidade social do conteúdo. Para Eves (2011, p. 136), "a função quadrática é um exemplo privilegiado de como a Matemática traduz situações universais em estruturas formais". Indiretamente, Borba e Penteado (2012) apontam que a clareza de sua formulação e amplitude de usos tornam-na um recurso ideal para demonstrar o valor da Matemática na vida cotidiana.

Aplicações como o cálculo da trajetória de projéteis, a análise de lucro e custo em funções econômicas ou o dimensionamento de estruturas reforçam o caráter utilitário e investigativo da função quadrática. Polya (1995, p. 54) lembra que "aprender Matemática é aprender a pensar e resolver problemas de maneira estruturada". Indiretamente, Kenski (2012) argumenta que a utilização de recursos digitais, como o GeoGebra, aproxima o conteúdo da experiência do aluno, aumentando o engajamento e a motivação.

Sob o ponto de vista histórico, a parábola e as funções quadráticas estão ligadas ao desenvolvimento da álgebra e da geometria analítica, sistematizadas por matemáticos como Euclides, Viète e Descartes. Boyer (2010, p. 65) destaca que "a consolidação da álgebra moderna permitiu compreender a parábola não apenas como curva geométrica, mas como objeto algébrico com múltiplas aplicações". Indiretamente, Eves (2011) acrescenta que essa herança histórica fundamenta o ensino atual da função quadrática, mostrando-a como conceito atemporal e em permanente diálogo com diferentes áreas.

A presença da função quadrática no currículo também evidencia seu papel de articulação entre conteúdos: serve de base para a introdução da trigonometria, da análise de funções polinomiais de grau superior e da própria geometria analítica. Euclides (apud Heath, 1956, p. 211) já antecipava que as relações entre lados e ângulos em figuras geométricas serviriam como ponto de partida para formalizações mais complexas. Indiretamente, Lima e Carvalho (2015) ressaltam que a consolidação da parábola como objeto matemático prepara o estudante para novos desafios, estabelecendo conexões curriculares.

No campo pedagógico contemporâneo, o uso de tecnologias digitais como o GeoGebra tem se mostrado um recurso privilegiado no ensino da função quadrática. Para Papert (1994, p. 33), "o computador é uma ferramenta poderosa para a construção do conhecimento, pois permite que o aluno experimente, teste e explore ideias de forma ativa". Indiretamente, Moran (2018) reforça que o uso de softwares possibilita uma aprendizagem mais personalizada, ajustando-se ao ritmo e estilo de cada aprendiz.

A aprendizagem significativa de Ausubel (2003) também se aplica diretamente ao ensino da função quadrática, pois novos conceitos só são assimilados quando conectados às estruturas cognitivas já existentes. O autor afirma que "o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe" (Ausubel, 2003, p. 17). Indiretamente, Kenski (2012) observa que o GeoGebra favorece essa conexão, oferecendo representações visuais que dialogam com experiências prévias dos alunos.

O GeoGebra, de forma particular, possibilita a integração de registros algébricos, gráficos e numéricos em um mesmo ambiente, permitindo que os estudantes manipulem parâmetros e observem em tempo real as alterações na parábola. Para Hohenwarter e Preiner (2007, p. 10), “o GeoGebra combina a geometria dinâmica com capacidades algébricas e de cálculo, oferecendo uma abordagem unificada dos conteúdos matemáticos”. Indiretamente, Valente (2014) destaca que essa integração estimula uma aprendizagem exploratória, incentivando os alunos a formular hipóteses e testá-las.

Além de promover a intuição matemática, o uso do GeoGebra no estudo da função quadrática favorece o desenvolvimento de habilidades colaborativas e metacognitivas. Gravina (2013, p. 33) observa que “a colaboração entre pares potencializa o aprendizado, pois estimula a argumentação e a validação de ideias matemáticas”. Indiretamente, Borba e Penteado (2012) acrescentam que a reflexão metacognitiva, proporcionada por esses recursos digitais, fortalece a autonomia dos alunos e os torna mais conscientes de seus processos de aprendizagem.

A função quadrática, representada pela equação geral y=ax2+bx+cy=ax^2+bx+cy=ax2+bx+c, constitui um dos conteúdos centrais do currículo de Matemática no Ensino Médio, pois articula elementos algébricos e geométricos, favorecendo o desenvolvimento do raciocínio abstrato e da capacidade de modelar situações reais. Segundo Dante (2010, p. 118), “o estudo das funções é fundamental para que o aluno compreenda fenômenos de variação e dependência entre grandezas, o que é essencial em uma sociedade baseada em dados e informações”. Indiretamente, Lima e Carvalho (2015) destacam que a função quadrática, em especial, permite abordar tanto aspectos formais quanto aplicações práticas, o que justifica sua relevância no processo educativo.

Entre os conceitos estruturantes, destaca-se o coeficiente aaa, que define a concavidade da parábola e o grau de abertura da curva. Muitos estudantes não percebem intuitivamente essa relação, e por isso o uso de recursos dinâmicos torna-se indispensável. Gravina (2015, p. 34) observa que “a manipulação do coeficiente aaa no GeoGebra permite que o aluno perceba visualmente o efeito direto sobre o gráfico, fortalecendo a articulação entre representações algébrica e geométrica". Indiretamente, Duval (2009) aponta que a verdadeira aprendizagem matemática ocorre quando há conversão entre diferentes registros de representação.

O coeficiente bbb também desempenha papel importante, pois está relacionado à translação da parábola no plano cartesiano e influencia a posição do eixo de simetria. Entretanto, esse aspecto costuma ser pouco explorado nos livros didáticos, que priorizam os cálculos algorítmicos. Sousa (2024, p. 12) argumenta que "quando o estudante manipula parâmetros no GeoGebra, compreende que pequenas alterações no coeficiente bbb resultam em mudanças significativas na forma e posição da parábola". Indiretamente, Valente (2014) confirma que a tecnologia potencializa a percepção de padrões e invariantes, algo difícil de alcançar em abordagens puramente expositivas.

O coeficiente ccc, por sua vez, corresponde ao termo independente e indica o ponto em que a parábola intercepta o eixo yyy. Esse aspecto, embora simples, ajuda a consolidar o entendimento da função quadrática como um modelo matemático que conecta equação e gráfico. Como reforça Eves (2011, p. 136), "a função quadrática é uma das expressões matemáticas mais universais, capaz de traduzir fenômenos naturais, sociais e tecnológicos em estruturas formais". Indiretamente, Borba e Penteado (2012) destacam que essa clareza favorece a compreensão da utilidade social e científica da Matemática.

Outro conceito essencial é o vértice da parábola, que corresponde ao ponto de máximo ou mínimo da função. Ele é particularmente importante em aplicações econômicas, físicas e de engenharia, já que permite identificar situações de otimização. Oliveira (2024, p. 61) destaca que "a dificuldade dos alunos em compreender o vértice não está apenas no cálculo, mas na interpretação gráfica de seu significado". Indiretamente, Duval (2009) observa que a articulação entre registros algébrico e gráfico é condição necessária para o desenvolvimento conceitual.

O eixo de simetria, definido pela reta x=−b2ax=-\frac{b}{2a}x=−2ab, também é um elemento central no estudo da parábola, pois organiza a leitura gráfica e auxilia na identificação de propriedades como simetria e variação. Segundo Iezzi (2013, p. 122), "a noção de simetria, quando bem explorada, contribui não apenas para o ensino da função quadrática, mas também para o desenvolvimento do pensamento geométrico em geral”. Indiretamente, Gravina (2015) observa que softwares como o GeoGebra permitem visualizar a simetria de forma dinâmica, favorecendo o raciocínio intuitivo dos estudantes.

As raízes da função quadrática, obtidas pela resolução da equação ax2+bx+c=0ax^2+bx+c=0ax2+bx+c=0, representam as interseções da parábola com o eixo das abscissas e são um dos tópicos mais desafiadores para os alunos. Muitos conseguem aplicar a fórmula de Bhaskara mecanicamente, mas não relacionam o resultado com a interpretação gráfica. Lima e Carvalho (2011, p. 47) enfatizam que “a dificuldade em associar raízes algébricas com interceptos gráficos revela uma lacuna entre cálculo e interpretação”. Indiretamente, Sousa (2024) mostra que, quando os estudantes manipulam os coeficientes em um ambiente dinâmico, conseguem perceber com clareza essa relação.

Do ponto de vista pedagógico, a exploração da função quadrática com GeoGebra favorece a aprendizagem investigativa, em que os alunos podem levantar hipóteses, manipular parâmetros e verificar resultados. Para Hohenwarter e Preiner (2007, p. 10), “o GeoGebra combina a geometria dinâmica com capacidades algébricas e de cálculo, permitindo uma abordagem unificada dos conteúdos matemáticos”. Indiretamente, Valente (2014) ressalta que esse tipo de exploração promove a autonomia do estudante, que deixa de ser mero reprodutor de algoritmos para se tornar construtor de significados.

As metodologias ativas aplicadas ao ensino da função quadrática também se beneficiam do uso do GeoGebra. A resolução de problemas, a modelagem matemática e a aprendizagem baseada em projetos podem ser articuladas por meio de atividades que exploram o comportamento da parábola em situações reais. Azevedo (2019, p. 12) afirma que “o uso de tecnologias digitais associado à resolução de problemas estimula a autonomia e o envolvimento dos estudantes no processo de aprendizagem”. Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) reforçam que a integração entre registros amplia a significação do conteúdo matemático.

Outro ponto relevante é a interdisciplinaridade. A função quadrática aparece em fenômenos da Física, como o movimento de projéteis, na Economia, em estudos de custos e lucros, e até na Biologia, em modelagens de crescimento populacional. Smole

(2000, p. 61) afirma que “a interdisciplinaridade permite que o estudante perceba a Matemática como linguagem que explica fenômenos do mundo”. Indiretamente, Pedro (2020) acrescenta que o uso de tecnologias digitais fortalece essa integração, ao mediar a aprendizagem de conteúdos matemáticos em diferentes áreas.

A história da Matemática também desempenha papel fundamental na abordagem da função quadrática. Conhecer o desenvolvimento histórico da parábola, desde a geometria grega até a álgebra moderna, contribui para situar o aluno em um processo cultural e científico. Boyer (2010, p. 65) observa que “a consolidação da álgebra moderna transformou a parábola em um objeto algébrico com aplicações universais”. Indiretamente, Miguel e Miorim (2004) defendem que a história aproxima o aluno do conceito, mostrando-o como construção humana.

A avaliação da aprendizagem em função quadrática, quando feita de forma tradicional, tende a privilegiar cálculos e algoritmos, deixando de lado a interpretação conceitual. Perrenoud (1999, p. 44) alerta que “a avaliação deve acompanhar processos, e não apenas verificar resultados finais”. Indiretamente, Schmidt et al. (2009) destacam que instrumentos digitais de avaliação, como questionários em Google Forms, permitem captar percepções mais profundas dos alunos e diversificar estratégias avaliativas.

A BNCC (Brasil, 2018) também reforça a importância de explorar funções de forma contextualizada, integrando diferentes registros e abordagens. O documento destaca que os estudantes devem ser capazes de interpretar fenômenos, formular modelos e comunicar ideias matemáticas com clareza. Indiretamente, Silva e Puhl (2022) observam que o uso das tecnologias digitais deve ser planejado para assumir papel estruturante nas sequências didáticas, e não apenas ilustrativo.

Do ponto de vista da formação docente, o uso da função quadrática como objeto de ensino revela a necessidade de integração entre conteúdo, pedagogia e tecnologia, conforme o modelo TPACK. Mishra e Koehler (2006, p. 1025) afirmam que “a competência do professor em integrar esses três elementos é essencial para o uso eficaz da tecnologia no ensino”. Indiretamente, Tardif (2002) reforça que os saberes docentes são plurais e resultam da interação entre teoria e prática.

A construção de guias de atividades baseados na função quadrática com GeoGebra, como o proposto neste trabalho, responde a essas demandas pedagógicas e curriculares. Silva (2021, p. 74) afirma que “a tecnologia só cumpre papel transformador quando utilizada intencionalmente como parte do processo didático”. Indiretamente, Gravina (2015) destaca que atividades investigativas fortalecem o raciocínio lógico e ampliam a autonomia do aluno.

Estudos recentes demonstram que a utilização do GeoGebra no ensino da função quadrática aumenta não apenas a compreensão conceitual, mas também o engajamento dos alunos. Sousa (2024, p. 12) relata que “os estudantes atribuíram novos significados à função quadrática a partir das atividades realizadas com o GeoGebra”. Indiretamente, Oliveira (2024) confirma que a combinação de TPACK e Resolução de Problemas gera práticas pedagógicas mais dinâmicas.

Ainda assim, desafios permanecem, como a necessidade de infraestrutura adequada e a formação contínua dos professores. Kenski (2012, p. 74) alerta que “o uso efetivo das tecnologias requer condições técnicas e pedagógicas favoráveis, além de investimento na capacitação docente”. Indiretamente, Bacich e Moran (2018) observam que a inserção de tecnologias no ensino exige objetivos claros e alinhamento metodológico.

A análise das produções acadêmicas indica que o ensino da função quadrática pode contribuir também para o desenvolvimento de competências metacognitivas, levando os estudantes a refletirem sobre seus próprios processos de aprendizagem. Borba e Penteado (2012, p. 91) defendem que “a metacognição é essencial para que o aluno se torne autônomo e consciente de seu aprendizado”. Indiretamente, Moran (2018) acrescenta que a autonomia discente é um dos principais objetivos da educação contemporânea.

Em síntese, o estudo da função quadrática, quando apoiado em tecnologias digitais, metodologias ativas e integração interdisciplinar, transcende o ensino algorítmico e se torna um espaço privilegiado de construção de conhecimento. Como resume Duval (2009, p. 233), “a aprendizagem matemática só ocorre de fato quando o estudante consegue articular registros e atribuir significados aos conceitos trabalhados”. Indiretamente, Sousa (2024) confirma que o GeoGebra é ferramenta eficaz nesse processo, ao permitir experimentação, exploração e reflexão crítica.

As metodologias ativas têm ganhado destaque no cenário educacional contemporâneo por colocarem o aluno no centro do processo de aprendizagem, estimulando a participação, a investigação e a construção do conhecimento. No ensino da função quadrática, essas metodologias representam uma alternativa às abordagens tradicionais centradas na memorização de fórmulas e na resolução repetitiva de exercícios. Para Moran (2018, p. 44), "as metodologias ativas estimulam a aprendizagem significativa ao aproximar os conteúdos da realidade do estudante e ao favorecer o desenvolvimento da autonomia". Indiretamente, Bacich e Moran (2018) complementam que o uso de tecnologias digitais fortalece ainda mais esse processo, oferecendo novas formas de explorar os conceitos.

A Resolução de Problemas é uma metodologia clássica que pode ser enriquecida pelo uso do GeoGebra, permitindo que os estudantes testem hipóteses e observem os efeitos de suas escolhas em tempo real. Polya (1995, p. 54) afirma que "aprender Matemática é aprender a pensar e resolver problemas de maneira estruturada". Indiretamente, Oliveira (2024) destaca que, ao resolver problemas com apoio do GeoGebra, os estudantes desenvolvem não apenas habilidades matemáticas, mas também competências investigativas e argumentativas.

Outra metodologia ativa relevante é a Modelagem Matemática**,** que busca relacionar a Matemática escolar a fenômenos do cotidiano. No caso da função quadrática, podem ser explorados problemas de otimização, como maximização de lucros ou análise de trajetórias de projéteis. Silva (2021, p. 75) observa que "a modelagem matemática, quando associada ao GeoGebra, amplia o significado atribuído pelos alunos à função quadrática, transformando equações abstratas em representações aplicáveis". Indiretamente, Barbosa (2004) ressalta que a modelagem contribui para a motivação, pois conecta a Matemática à realidade concreta dos alunos.

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) também é uma possibilidade fecunda para o ensino da função quadrática. Por meio dela, os estudantes podem desenvolver projetos interdisciplinares que envolvam a parábola em contextos diversos, como a arquitetura de pontes parabólicas ou a análise de trajetórias esportivas. De acordo com Bell (2010, p. 42), "a ABP favorece a aprendizagem autêntica, pois os alunos trabalham em problemas complexos que exigem aplicação prática dos conceitos estudados". Indiretamente, Smole (2000) aponta que essa abordagem também promove competências sociais, como colaboração e comunicação.

A Aprendizagem Baseada em Investigação é outra estratégia que dialoga fortemente com a proposta de ensino da função quadrática. Nesse método, o professor propõe uma questão inicial e os alunos investigam as propriedades da parábola, manipulando coeficientes e observando seus efeitos. Sousa (2024, p. 12) relata que "os alunos se apropriam melhor do conceito quando são desafiados a formular hipóteses e testá-las com recursos digitais". Indiretamente, Duval (2009) reforça que esse processo investigativo é essencial para que haja conversão entre registros semióticos.

O Ensino Híbrido, que combina momentos presenciais e atividades digitais, também pode potencializar a aprendizagem da função quadrática. Plataformas digitais e o próprio Google Forms, integrado ao GeoGebra, permitem criar trilhas de aprendizagem personalizadas. Para Christensen, Horn e Staker (2013, p. 87), "o ensino híbrido amplia o alcance da aprendizagem, pois flexibiliza o tempo, o espaço e o ritmo do aluno". Indiretamente, Moran (2018) ressalta que a personalização é um diferencial das metodologias que incorporam tecnologia.

O Peer Instruction (Instrução por Pares) é outra metodologia ativa que pode ser aplicada ao estudo da parábola. Nesse modelo, os estudantes discutem entre si diferentes estratégias de resolução e confrontam suas compreensões. Mazur (1997, p. 23) afirma que "a instrução entre pares favorece a aprendizagem conceitual, pois os alunos se sentem mais à vontade para debater e reformular suas ideias". Indiretamente, Gravina (2015) aponta que, quando essas discussões são mediadas por softwares como o GeoGebra, os alunos conseguem validar hipóteses visualmente, o que fortalece o processo de aprendizagem.

O Design Thinking, embora mais associado à inovação, também pode ser explorado no ensino da função quadrática, propondo que os alunos construam soluções criativas para problemas contextualizados. De acordo com Brown (2009, p. 57), "o Design Thinking estimula a empatia, a criatividade e a experimentação como princípios da aprendizagem". Indiretamente, Kenski (2012) observa que esse tipo de metodologia rompe com a rigidez do ensino tradicional e favorece o engajamento discente.

As metodologias ativas ainda contribuem para superar um dos maiores desafios do ensino da função quadrática: a fragmentação do conteúdo. Muitas vezes, os tópicos são ensinados isoladamente (raízes, vértice, concavidade), sem articulação entre eles. Para Duval (2009, p. 226), “o aprendizado matemático exige a coordenação entre registros diferentes em uma rede de significados integrada”. Indiretamente, Silva e Puhl (2022) afirmam que metodologias investigativas, apoiadas em TDIC, contribuem para essa integração.

Outro ganho das metodologias ativas é a interdisciplinaridade**.** Ao trabalhar a parábola em contextos físicos, biológicos ou econômicos, os alunos percebem a Matemática como ferramenta de compreensão da realidade. Smole (2000, p. 61) lembra que “a interdisciplinaridade favorece a percepção da Matemática como linguagem do mundo”. Indiretamente, Pedro (2020) ressalta que a mediação tecnológica potencializa essa integração, tornando a aprendizagem mais significativa.

A adoção das metodologias ativas também favorece a formação de competências socioemocionais, como colaboração, autonomia e pensamento crítico. Bacich e Moran (2018, p. 72) apontam que “as metodologias ativas não apenas desenvolvem habilidades cognitivas, mas também formam sujeitos mais participativos e reflexivos”. Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) confirmam que a participação ativa na aprendizagem matemática fortalece a autoconfiança e a motivação discente.

As práticas tradicionais de ensino da função quadrática tendem a priorizar a aplicação da fórmula de Bhaskara e a resolução mecânica de exercícios. Embora úteis, essas práticas isoladas não garantem compreensão conceitual. Segundo Lima (2012, p. 91), “o ensino algorítmico cria a ilusão de aprendizagem, mas não assegura a apropriação de significados matemáticos”. Indiretamente, Sousa (2024) mostra que metodologias investigativas rompem com essa lógica, permitindo que o aluno perceba a função quadrática como objeto vivo e dinâmico.

O papel do professor, nesse contexto, é o de mediador e orientador. Ele não transmite apenas informações, mas cria condições para que os alunos investiguem, questionem e construam seus próprios saberes. Shulman (1986, p. 9) já destacava que “o conhecimento pedagógico do conteúdo é a capacidade do professor de transformar a disciplina em algo compreensível aos alunos”. Indiretamente, Mishra e Koehler (2006) ampliam essa visão ao propor o TPACK, em que a integração entre conteúdo, pedagogia e tecnologia é condição para práticas significativas.

Outro ponto importante é que as metodologias ativas se alinham às competências previstas pela BNCC. O documento orienta que os estudantes desenvolvam capacidade de resolver problemas, comunicar ideias matemáticas e usar tecnologias digitais de forma crítica e criativa (Brasil, 2018). Indiretamente, Silva (2021) destaca que o ensino da função quadrática com GeoGebra responde diretamente a essas orientações, promovendo aprendizagens que vão além do domínio técnico.

A utilização do Google Forms associado ao guia de atividades é um exemplo de como metodologias ativas podem ser implementadas com simplicidade e eficiência. O recurso permite que os alunos registrem percepções, expliquem raciocínios e avaliem seu próprio processo de aprendizagem. Perrenoud (1999, p. 47) afirma que "a avaliação deve provocar reflexão, e não apenas confirmar respostas certas ou erradas". Indiretamente, Schmidt et al. (2009) reforçam que instrumentos digitais diversificam as formas de avaliar e ampliam a visão sobre a aprendizagem.

A literatura mostra que metodologias ativas exigem um ambiente escolar favorável, com tempo adequado, acesso a recursos tecnológicos e apoio institucional. Kenski (2012, p. 74) lembra que "o uso efetivo das tecnologias requer não apenas formação docente, mas também infraestrutura e condições pedagógicas que viabilizem sua aplicação". Indiretamente, Bacich e Moran (2018) reforçam que a inovação metodológica precisa ser acompanhada de mudanças estruturais na escola.

As metodologias ativas também contribuem para diminuir a aversão que muitos estudantes têm à Matemática. Ao vivenciarem experiências significativas e práticas, os alunos passam a perceber o valor da disciplina em sua vida. Dante (2010, p. 115) ressalta que "a motivação do aluno cresce quando ele percebe que a Matemática faz sentido e se conecta com a sua realidade". Indiretamente, Sousa (2024) confirma que a função quadrática, quando ensinada com metodologias inovadoras, deixou de ser vista como obstáculo e passou a ser oportunidade de aprendizagem.

Outro aspecto é que as metodologias ativas promovem o desenvolvimento de múltiplas inteligências. Gardner (1995, p. 102) defende que "cada indivíduo possui formas diferentes de inteligência, e a educação deve oferecer múltiplas portas de entrada para o conhecimento". Indiretamente, Kenski (2012) observa que softwares como o GeoGebra atendem a essa diversidade, ao integrar recursos visuais, auditivos e cinestésicos no processo de aprendizagem.

As metodologias ativas, quando associadas à função quadrática, também favorecem a prática da metacognição, estimulando os alunos a refletirem sobre seus próprios processos de aprendizagem. Borba e Penteado (2012, p. 91) destacam que “a metacognição é essencial para que o estudante se torne autônomo e consciente de seu aprendizado”. Indiretamente, Moran (2018) reforça que essa autonomia é um dos objetivos centrais da educação contemporânea.

Em síntese, a adoção das metodologias ativas no ensino da função quadrática representa uma alternativa consistente às práticas tradicionais, pois promove o engajamento, a compreensão conceitual, a interdisciplinaridade e o uso criativo de tecnologias digitais. Como sintetiza Duval (2009, p. 233), “o desafio da aprendizagem matemática é criar condições para que o estudante articule registros, atribua significados e se aproprie do objeto matemático”. Indiretamente, Sousa (2024) confirma que as metodologias inovadoras com GeoGebra tornam esse desafio viável e produtivo.

O ensino da função quadrática exige não apenas domínio de conteúdo, mas também preparo pedagógico e tecnológico do professor. Muitos docentes formaram-se em um contexto em que a Matemática era ensinada de maneira tradicional, centrada em exercícios algorítmicos e pouco vinculada ao uso de tecnologias digitais. Para Shulman (1986, p. 9), “o conhecimento pedagógico do conteúdo é a capacidade de transformar o conhecimento disciplinar em formas compreensíveis aos alunos”. Indiretamente, Mishra e Koehler (2006) reforçam que o TPACK amplia essa visão ao articular três dimensões: conteúdo, pedagogia e tecnologia, condição essencial para práticas inovadoras com o GeoGebra.

A formação docente, nesse sentido, precisa incluir não apenas os fundamentos da função quadrática, mas também metodologias que permitam integrar recursos digitais, como o GeoGebra, de forma significativa. Segundo Kenski (2012, p. 58), “a inserção de tecnologias no ensino exige que os professores sejam preparados para planejar, selecionar e aplicar ferramentas de modo crítico”. Indiretamente, Bacich e Moran (2018) apontam que a formação contínua deve ser permanente e situada, considerando o contexto real da escola e as demandas dos alunos.

Outro desafio recorrente na formação de professores é a resistência à mudança.

Muitos docentes ainda veem as tecnologias como elementos periféricos ou como recursos que "roubam" tempo da explicação do conteúdo. Entretanto, pesquisas demonstram que, quando bem utilizadas, ferramentas como o GeoGebra otimizam o processo de ensino. Sousa (2024, p. 12) afirma que "o uso do GeoGebra promoveu aprendizagens conceituais significativas entre os alunos, que passaram a compreender melhor as propriedades da parábola". Indiretamente, Valente (2014) observa que essa resistência pode ser superada por meio de práticas formativas que valorizem a experimentação docente.

A formação docente deve contemplar também a capacidade de elaborar sequências didáticas estruturadas, que articulem teoria, prática e avaliação. Perrenoud (1999, p. 47) argumenta que "o planejamento do professor é decisivo para que a avaliação não se limite a verificar respostas, mas provoque reflexão". Indiretamente, Borba e Penteado (2012) reforçam que a integração de softwares como o GeoGebra exige planejamento intencional, caso contrário, o recurso corre o risco de ser apenas ilustrativo.

O uso de comunidades de prática é outro aspecto fundamental da formação. Professores que compartilham experiências com o GeoGebra relatam maior segurança e motivação para inserir a ferramenta em sala de aula. Wenger (1998, p. 72) afirma que "a aprendizagem é um processo social, e comunidades de prática constituem espaços privilegiados para troca de saberes". Indiretamente, Gravina (2013) destaca que a colaboração entre docentes potencializa a criação de materiais didáticos digitais, como guias e atividades interativas.

Além das formações presenciais, a formação online e o acesso a repositórios digitais de atividades com o GeoGebra ampliam as possibilidades de capacitação. Hohenwarter e Preiner (2007, p. 10) ressaltam que "a comunidade internacional do GeoGebra disponibiliza milhares de construções interativas, permitindo que professores adaptem e criem novas propostas". Indiretamente, Kenski (2012) reforça que esse acesso democratiza o conhecimento, reduzindo desigualdades formativas.

Outro ponto crucial é a avaliação das práticas formativas**.** Não basta oferecer cursos de capacitação; é necessário verificar se os professores estão incorporando de fato as tecnologias em suas práticas. Para Nóvoa (1992, p. 23), "a formação docente deve estar ancorada na prática e no cotidiano escolar, e não apenas em teorias abstratas". Indiretamente, Sousa (2024) demonstra em sua pesquisa que professores que aplicaram atividades com GeoGebra conseguiram avanços significativos no ensino da função quadrática.

A formação docente também deve abordar a questão da acessibilidade e inclusão. O GeoGebra, por ser gratuito e multiplataforma, permite que diferentes perfis de alunos tenham acesso à ferramenta, inclusive aqueles com necessidades específicas. Para Moran (2018, p. 62), "a tecnologia pode ser recurso de inclusão quando adaptada às diferentes formas de aprender". Indiretamente, Gardner (1995) argumenta que a diversidade de inteligências humanas exige múltiplas estratégias de ensino, o que o GeoGebra pode oferecer por meio de visualizações dinâmicas e interativas.

Outro desafio está relacionado à infraestrutura tecnológica das escolas. Muitas instituições públicas enfrentam carência de computadores, acesso à internet ou até mesmo de espaços adequados para o uso de tecnologias. Kenski (2012, p. 74) destaca que "o uso efetivo das tecnologias requer condições técnicas e pedagógicas favoráveis, além de investimento na capacitação docente". Indiretamente, Bacich e Moran (2018) lembram que políticas públicas precisam garantir essas condições para que inovações não fiquem restritas a contextos privilegiados.

Além da infraestrutura, é importante que a formação docente desenvolva a confiança no uso da tecnologia. Muitos professores relatam insegurança em utilizar softwares em sala de aula, temendo falhas técnicas ou questionamentos dos alunos. Hohenwarter et al. (2009, p. 15) defendem que "a prática constante com o software é essencial para que o professor desenvolva fluência digital". Indiretamente, Valente (2014) complementa que o erro também deve ser visto como oportunidade de aprendizagem, tanto para alunos quanto para docentes.

Outro aspecto a ser considerado é a necessidade de contextualização cultural. O uso do GeoGebra não pode ser visto como prática universal, mas precisa ser adaptado ao contexto sociocultural dos alunos. Smole (2000, p. 61) aponta que "a Matemática deve ser ensinada como linguagem viva, capaz de dialogar com a realidade do estudante". Indiretamente, Silva e Puhl (2022) observam que atividades com função quadrática podem ser mais significativas quando contextualizadas em problemas locais e cotidianos.

A formação continuada deve também desenvolver a capacidade reflexiva dos professores. Schön (1983, p. 28) propõe a ideia de “profissional reflexivo”, aquele que analisa sua própria prática e busca constantemente formas de aperfeiçoá-la. Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) indicam que esse processo é ainda mais relevante quando se trata da inserção de tecnologias digitais, pois o professor precisa constantemente avaliar se a ferramenta está sendo usada de forma pedagógica e não apenas como adorno.

Outro ponto importante é a formação para o desenho de avaliações inovadoras. Com o apoio do GeoGebra, é possível criar avaliações dinâmicas em que o aluno precisa manipular objetos geométricos, identificar padrões e justificar raciocínios. Para Perrenoud (1999, p. 55), “a avaliação deve provocar o pensamento e estimular a tomada de decisão”. Indiretamente, Schmidt et al. (2009) ressaltam que o TPACK auxilia na elaboração de avaliações coerentes, integrando conhecimento de conteúdo, pedagogia e tecnologia.

A literatura também indica que a formação docente precisa se orientar pela perspectiva da aprendizagem ao longo da vida. Nóvoa (1992, p. 31) lembra que “a formação não é apenas um momento inicial, mas um processo contínuo que acompanha toda a carreira docente”. Indiretamente, Moran (2018) reforça que a inovação tecnológica é constante e, portanto, exige que professores estejam sempre em processo de atualização.

Um aspecto inovador é a utilização de laboratórios de prática docente com tecnologias, em que futuros professores podem experimentar atividades antes de aplicá-las em sala de aula. Gravina (2013, p. 29) relata que experiências de formação em ambientes controlados favoreceram maior segurança dos docentes no uso do GeoGebra. Indiretamente, Hohenwarter e Preiner (2007) afirmam que esses espaços contribuem para a criação de comunidades docentes mais colaborativas e criativas.

Outro tema relevante é a formação docente para a interdisciplinaridade. O ensino da função quadrática com GeoGebra pode dialogar com disciplinas como Física, ao analisar trajetórias parabólicas, ou Economia, ao estudar funções de custo e lucro. Valente (2014, p. 91) aponta que “a interdisciplinaridade potencializa a motivação e amplia a visão de mundo dos estudantes”. Indiretamente, Silva (2021) reforça que atividades interdisciplinares com o GeoGebra tornam o ensino da Matemática mais atraente e aplicável.

Também é importante considerar o papel da gestão escolar na formação docente. Sem apoio institucional, os professores encontram dificuldade para implementar novas práticas. Lima e Carvalho (2015, p. 52) afirmam que “a inovação pedagógica depende de condições institucionais que garantam tempo, espaço e reconhecimento ao professor”. Indiretamente, Pedro (2020) reforça que a inserção de tecnologias no currículo precisa ser acompanhada de políticas de apoio e valorização docente.

Outro elemento formativo é o desenvolvimento de habilidades metacognitivas nos professores. Assim como se busca que os alunos reflitam sobre sua aprendizagem, o docente precisa refletir sobre o uso das tecnologias. Borba e Penteado (2012, p. 91) destacam que “a metacognição docente é essencial para que a tecnologia seja usada de forma consciente e planejada”. Indiretamente, Moran (2018) acrescenta que esse processo reflexivo fortalece a autonomia do professor em sala de aula.

A formação docente para o uso do GeoGebra no ensino da função quadrática deve ser entendida como um processo complexo e multidimensional, que articula conhecimento matemático, pedagógico e tecnológico. Como sintetiza Mishra e Koehler (2006, p. 104), “a integração efetiva da tecnologia exige que o professor seja capaz de navegar simultaneamente entre os três domínios do conhecimento”. Indiretamente, Sousa (2024) confirma que quando esse equilíbrio é alcançado, o ensino da função quadrática torna-se mais dinâmico, contextualizado e significativo.

3.1 O EIXO DA MATEMÁTICA: A FUNÇÃO QUADRÁTICA NO ENSINO MÉDIO

A função quadrática ocupa papel central no currículo de Matemática da educação básica, especialmente no Ensino Médio, por seu caráter estruturante e por sua ampla aplicação em contextos científicos, tecnológicos e sociais. A BNCC (Brasil, 2018, p. 266) estabelece que “o estudo das funções deve possibilitar ao estudante analisar e compreender diferentes situações, representações e aplicações”, ressaltando a importância da parábola como objeto matemático fundamental. Indiretamente, Dante

(2010) reforça que a função quadrática é um dos conteúdos mais relevantes para o desenvolvimento do pensamento algébrico, preparando o aluno para estudos avançados.

O ensino da função quadrática, contudo, enfrenta desafios históricos, uma vez que muitos estudantes a associam apenas a procedimentos algébricos, como a resolução da fórmula de Bhaskara, sem compreender seu significado conceitual ou sua representação gráfica. Segundo Lima (2012, p. 89), "a ênfase excessiva na manipulação algébrica tem levado a uma visão fragmentada da função quadrática, dificultando sua compreensão como objeto matemático integrado". Indiretamente, Duval (2009) destaca que a aprendizagem matemática só se consolida quando o estudante é capaz de transitar entre registros de representação, algo indispensável nesse conteúdo.

Do ponto de vista curricular, a função quadrática é um eixo que possibilita a conexão entre diferentes áreas da Matemática, como álgebra, geometria e análise. Ao estudar a parábola, o aluno é levado a compreender propriedades algébricas (raízes, vértice, concavidade) e a associá-las à forma gráfica. Conforme afirma Smole (2000, p. 56), "a função quadrática oferece uma das primeiras oportunidades reais de articular representações algébricas e gráficas de modo significativo". Indiretamente, Gravina (2015) aponta que o uso de softwares como o GeoGebra favorece justamente esse tipo de articulação entre registros.

Outro aspecto fundamental do eixo quadrático é sua aplicabilidade em diferentes situações do cotidiano. A parábola aparece em fenômenos da Física, como trajetórias de projéteis; em contextos econômicos, como maximização de lucros; e em estudos de otimização, presentes na Engenharia e nas Ciências Naturais. Para Lima e Carvalho (2011, p. 44), "o ensino da função quadrática deve partir de problemas reais que mobilizem o estudante a perceber sua relevância e utilidade". Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) reforçam que a contextualização é condição indispensável para que o aluno atribua sentido ao objeto matemático.

A BNCC também destaca a necessidade de o ensino de funções valorizar não apenas a resolução de equações, mas a interpretação e análise de fenômenos. Segundo o documento, "os alunos devem ser capazes de utilizar a linguagem algébrica e gráfica para descrever e analisar variações" (Brasil, 2018, p. 268). Isso implica repensar práticas pedagógicas tradicionais, buscando metodologias mais investigativas.

Indiretamente, Mishra e Koehler (2006) ressaltam que a integração de tecnologia, pedagogia e conteúdo, conforme o TPACK, é essencial para esse reposicionamento didático.

Nesse sentido, o uso do GeoGebra se apresenta como um recurso de grande potencial para o ensino da função quadrática. O software permite que o aluno manipule coeficientes e observe, em tempo real, como cada alteração afeta o gráfico da parábola. Como afirma Gravina (2015, p. 32), "o GeoGebra transforma a função em objeto dinâmico, permitindo que o estudante explore propriedades e relacione registros de forma mais intuitiva". Indiretamente, Sousa (2024) confirma essa ideia ao mostrar que os alunos, ao interagir com o software, produzem novos significados para o objeto matemático.

Ao integrar tecnologia ao eixo quadrático, o professor deve assumir um papel de mediador e planejador, criando situações que estimulem a investigação. Silva (2021, p. 75) observa que "o professor precisa estruturar atividades que não apenas utilizem o GeoGebra como ilustração, mas que incentivem os alunos a formular hipóteses e a validar relações matemáticas". Indiretamente, Borba e Penteado (2010) destacam que a eficácia da tecnologia depende da intencionalidade pedagógica.

Outro ponto importante é que a função quadrática é frequentemente o primeiro contato mais profundo do estudante com funções não lineares, o que exige maior cuidado na mediação. Oliveira (2024, p. 61) defende que "a função quadrática constitui um conteúdo-chave para a compreensão das funções em geral, pois introduz o estudante à análise da variação e ao estudo de máximos e mínimos". Indiretamente, Dante (2010) também aponta que esse eixo é formativo para o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático.

O ensino da função quadrática, portanto, deve ir além da memorização da fórmula de Bhaskara e da simples resolução de exercícios. É preciso que o aluno compreenda o conceito de função como relação de dependência, saiba interpretar seus parâmetros e reconheça suas aplicações práticas. Como afirma Lima (2012, p. 91), "a aprendizagem da função quadrática deve permitir que o estudante perceba conexões entre teoria, prática e realidade". Indiretamente, Smole (2000) reforça que essa abordagem garante maior engajamento e compreensão conceitual.

Em síntese, o eixo da Matemática referente à função quadrática apresenta-se como fundamental na formação do estudante, pois articula diferentes representações, promove conexões interdisciplinares e oferece possibilidades de contextualização prática. Quando aliado ao uso do GeoGebra e fundamentado em referenciais como a TRRS e o TPACK, esse eixo ganha nova dimensão, permitindo que o ensino da parábola seja mais investigativo, dinâmico e significativo. Para o MEC (2018, p. 263), "o ensino das funções deve ser organizado de modo a valorizar a construção de significados e a exploração de múltiplas representações". Indiretamente, os estudos revisados nesta pesquisa reforçam que a função quadrática é um ponto de convergência entre conteúdo, pedagogia e tecnologia.

3.2 ANÁLISE CRÍTICA DE LIVROS DIDÁTICOS DE MATEMÁTICA SOBRE FUNÇÃO QUADRÁTICA

Os livros didáticos de Matemática constituem uma das principais fontes de referência para professores e estudantes, sendo frequentemente considerados guias centrais no processo de ensino e aprendizagem. No caso específico da função quadrática, o modo como esse conteúdo é apresentado nos manuais escolares influencia diretamente as concepções construídas pelos alunos. Como afirma Lopes (2002, p. 47), "o livro didático é, muitas vezes, o currículo real da escola, orientando práticas e limitando possibilidades pedagógicas". Indiretamente, Dante (2010) ressalta que a forma de organização do conteúdo pode favorecer ou dificultar a aprendizagem significativa.

A análise crítica de livros didáticos revela que, na maioria das vezes, a função quadrática é abordada de maneira excessivamente algébrica, priorizando procedimentos de cálculo em detrimento da compreensão conceitual. Grande parte das coleções enfatiza a aplicação direta da fórmula de Bhaskara, a fatoração ou o uso de tabelas numéricas, sem integrar adequadamente as representações gráficas e geométricas. Segundo Lima (2012, p. 91), "os livros ainda tendem a reduzir a função quadrática a técnicas de resolução de equações, desconsiderando sua natureza como objeto matemático multifacetado". Indiretamente, Duval (2009) argumenta que essa limitação impede o desenvolvimento da coordenação entre registros, essencial para a aprendizagem.

Outro problema recorrente é a falta de contextualização prática das funções quadráticas. Embora os livros tragam exemplos clássicos de parábolas em arcos, pontes ou movimentos de projéteis, essas situações geralmente aparecem de forma superficial, sem problematização real. Para Smole (2000, p. 56), “a contextualização nos livros didáticos costuma ser ilustrativa, não se constituindo em verdadeiros problemas matemáticos que estimulem a investigação”. Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) reforçam que a Matemática, quando descolada de contextos significativos, perde sua capacidade de gerar interesse e engajamento nos estudantes.

A presença de gráficos da função quadrática nos livros é quase universal, mas sua exploração pedagógica nem sempre é adequada. Muitos manuais apresentam gráficos estáticos, sem orientar os alunos a estabelecerem relações entre os coeficientes aaa, bbb e ccc e a forma da parábola. Segundo Gravina (2015, p. 34), “a simples exibição do gráfico não garante a aprendizagem; é necessário promover atividades que levem os alunos a compreenderem a influência de cada coeficiente”. Indiretamente, Sousa (2024) mostrou em sua pesquisa que o uso do GeoGebra contribuiu justamente para superar essa limitação, permitindo que os alunos experimentassem dinamicamente tais alterações.

Além disso, observa-se que poucos livros articulam adequadamente os registros algébrico, gráfico e geométrico da função quadrática. Essa limitação contradiz as orientações da BNCC, que enfatiza a necessidade de articular diferentes representações para promover compreensão integrada. O documento afirma que “o ensino de funções deve explorar múltiplas formas de representação, destacando a articulação entre aspectos numéricos, algébricos e gráficos” (Brasil, 2018, p. 263). Indiretamente, Henriques e Almouloud (2016) reforçam que a falta de coordenação entre registros é um dos principais obstáculos à aprendizagem matemática.

Outro aspecto crítico é a forma como os exercícios são organizados. Grande parte dos livros enfatiza listas extensas de cálculos repetitivos, com pouca ênfase na exploração investigativa. Para Dante (2010, p. 102), “a repetição de exercícios semelhantes pode reforçar habilidades algorítmicas, mas não garante compreensão conceitual nem estimula a resolução criativa de problemas”. Indiretamente, Azevedo

(2019) argumenta que metodologias baseadas em resolução de problemas são mais eficazes para desenvolver autonomia e raciocínio matemático.

A ausência de propostas que envolvam recursos digitais também é um ponto frágil na maioria dos livros didáticos analisados. Apesar de vivermos em um contexto educacional cada vez mais permeado por tecnologias digitais, raros são os manuais que sugerem explicitamente o uso de softwares como o GeoGebra. Para Silva e Puhl (2022, p. 83), “os livros didáticos ainda tratam a tecnologia como apêndice, sem integrá-la de fato às propostas pedagógicas”. Indiretamente, Mishra e Koehler (2006) reforçam que a inovação no ensino só ocorre quando conteúdo, pedagogia e tecnologia são articulados.

É importante destacar, no entanto, que alguns livros mais recentes já apresentam avanços no sentido de incluir atividades investigativas e propostas de uso de tecnologia. Contudo, essas propostas costumam aparecer de forma opcional, como sugestões para o professor, e não como parte estruturante do capítulo. Segundo Oliveira (2024, p. 62), “ainda há uma distância entre o discurso das orientações curriculares e o que efetivamente aparece nos livros didáticos de Matemática”. Indiretamente, Borba e Penteado (2010) reforçam que a mudança de paradigma exige maior compromisso das editoras em integrar recursos digitais às práticas propostas.

Outro ponto que merece crítica é a fragmentação da sequência didática apresentada nos livros. Muitas vezes, os capítulos dedicados à função quadrática apresentam tópicos isolados — como concavidade, vértice, raízes — sem um fio condutor que os integre conceitualmente. Para Lima e Carvalho (2011, p. 45), “a apresentação fragmentada da função quadrática gera a ilusão de que se trata de conceitos independentes, dificultando a percepção da parábola como objeto único e integrado”. Indiretamente, Duval (2009) já havia alertado para o risco de se ensinar Matemática em fragmentos, sem promover a articulação de significados.

Outro limite dos livros é a escassa valorização da história da Matemática no estudo da função quadrática. Raramente os manuais apresentam a evolução histórica do conceito ou sua relevância cultural, restringindo-se à aplicação de fórmulas. Para Miguel e Miorim (2004, p. 78), “o ensino da Matemática desconsidera muitas vezes o seu caráter histórico, perdendo a oportunidade de apresentar os conceitos como construções humanas”. Indiretamente, Silva (2021) mostrou em sua pesquisa que a contextualização histórica pode enriquecer a compreensão conceitual, favorecendo aprendizagens mais profundas.

Do ponto de vista avaliativo, os livros didáticos também apresentam limitações. Poucos oferecem propostas de avaliação formativa, centradas no processo de aprendizagem. Em geral, privilegiam-se testes objetivos e exercícios fechados. Para Perrenoud (1999, p. 41), “a avaliação que se centra apenas no produto ignora a riqueza dos processos de aprendizagem e restringe as oportunidades de desenvolvimento do aluno”. Indiretamente, Schmidt et al. (2009) ressaltam que as tecnologias digitais permitem ampliar as formas de avaliação, algo ainda pouco explorado nos livros.

Outro aspecto a ser considerado é o impacto que essas lacunas têm sobre a prática docente. Como muitos professores utilizam os livros como principal recurso didático, as limitações encontradas acabam se refletindo diretamente nas aulas. Para Lopes (2002, p. 49), “o professor, ao seguir rigidamente o livro, pode reproduzir suas fragilidades e comprometer o desenvolvimento do ensino”. Indiretamente, Tardif (2002) lembra que os saberes docentes não estão apenas nos manuais, mas também nas experiências e nas interações que o professor constrói no cotidiano.

Os livros didáticos também apresentam diferenças significativas em termos de acessibilidade do conteúdo. Algumas coleções adotam linguagem demasiadamente técnica, dificultando a compreensão por parte de estudantes com maior dificuldade em Matemática. Para Dante (2010, p. 115), “o excesso de tecnicismo pode afastar o aluno da disciplina, criando barreiras adicionais à aprendizagem”. Indiretamente, Gravina (2015) ressalta que o uso de tecnologias como o GeoGebra pode ajudar a transpor essas barreiras, tornando os conceitos mais acessíveis.

Por outro lado, há livros que, embora ainda limitados em termos de integração de tecnologia, apresentam boas propostas de interdisciplinaridade, conectando a função quadrática a fenômenos físicos e econômicos. Smole (2000, p. 61) afirma que “a interdisciplinaridade contribui para que o estudante perceba a Matemática como linguagem de análise da realidade e não apenas como disciplina isolada”. Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) reforçam que a contextualização amplia o significado do objeto matemático.

No entanto, essa interdisciplinaridade ainda aparece de forma restrita e pontual, geralmente em seções intituladas “Curiosidade” ou “Aplicações”. Isso mostra que os livros ainda não conseguiram incorporar plenamente as orientações curriculares mais recentes, que exigem maior integração entre conteúdos. Para Oliveira (2024, p. 65), “o desafio é transformar a interdisciplinaridade em eixo estruturante e não em apêndice decorativo”. Indiretamente, Silva e Puhl (2022) defendem que as tecnologias digitais podem ser o caminho para articular diferentes áreas do conhecimento.

Ao comparar diferentes coleções, percebe-se que algumas investem mais em recursos visuais, apresentando gráficos coloridos, imagens contextualizadas e quadros de resumo, mas mesmo assim carecem de propostas que incentivem a reflexão e a investigação. Para Lima (2012, p. 97), “os recursos gráficos podem facilitar a memorização, mas não substituem a necessidade de atividades investigativas que promovam compreensão profunda”. Indiretamente, Sousa (2024) demonstrou que o uso do GeoGebra potencializa justamente esse aspecto investigativo.

Outro limite evidente é a ausência de propostas que incentivem o uso colaborativo da Matemática, como atividades em grupo ou debates sobre soluções diferentes para o mesmo problema. Em geral, os livros mantêm uma perspectiva individualista e centrada na resposta correta. Para D’Ambrósio (1996, p. 88), “a Matemática deve ser vista como prática social, construída coletivamente, e não apenas como exercício solitário”. Indiretamente, Azevedo (2019) mostrou que a resolução de problemas em ambientes colaborativos favorece aprendizagens mais significativas.

Dessa forma, a análise crítica revela que os livros didáticos ainda estão distantes das orientações da BNCC e dos avanços teóricos na Educação Matemática, especialmente no que se refere à função quadrática. Embora apresentem melhorias visuais e organizacionais, ainda falham em integrar registros de representação, propor atividades investigativas e incorporar recursos digitais. Como sintetiza Lima (2012, p. 103), “os manuais escolares ainda reforçam práticas tradicionais, pouco alinhadas às demandas atuais do ensino de Matemática”. Indiretamente, Mishra e Koehler (2006) confirmam que a transformação das práticas exige integração consciente de conteúdo, pedagogia e tecnologia.

Os livros didáticos de Matemática desempenham papel crucial, mas precisam ser repensados no que tange ao ensino da função quadrática. É necessário avançar na integração de registros semióticos, propor metodologias ativas e incorporar tecnologias digitais de forma estruturante. Para o MEC (2018, p. 263), “o ensino de funções deve ser articulado a contextos significativos e ao uso de tecnologias digitais, promovendo aprendizagens investigativas”. Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) reforçam que apenas dessa forma a Matemática poderá cumprir seu papel de linguagem crítica e viva na formação do estudante.

Quadro 2 – Comparação de abordagens da função quadrática em livros didáticos de Matemática

Aspectos analisados	Coleção A (tradicional)	Coleção B (visual e aplicada)	Coleção C (com foco em investigação)
Apresentação inicial da função quadrática	Introdução algébrica, centrada na equação ax2+bx+c=0ax^2+bx+c=0ax2+bx+c=0.	Introdução com exemplos contextualizados (trajetórias, arcos de pontes).	Introdução por meio de situações-problema, incentivando a exploração antes da formalização.
Uso de representações	Predomínio do registro algébrico, gráficos aparecem como ilustrações estáticas.	Registros algébricos e gráficos articulados parcialmente.	Integração mais clara entre registros algébrico, gráfico e geométrico, em linha com a TRRS.
Contextualização	Aplicações superficiais, geralmente em exercícios do tipo “curiosidade”.	Situações práticas melhor exploradas, mas ainda pouco problematizadas.	Problemas contextualizados e investigativos, conectados a fenômenos reais.
Atividades propostas	Listas extensas de exercícios mecânicos (resolver equações, calcular raízes).	Mistura de exercícios tradicionais com algumas aplicações interdisciplinares.	Atividades abertas, resolução de problemas, propostas de investigação com apoio de softwares.
Uso de tecnologia (GeoGebra ou outros)	Não há referência.	Indicação pontual e opcional em boxes de sugestão.	Integração de propostas com softwares matemáticos (GeoGebra), explorando a dinâmica da parábola.
Avaliação sugerida	Exercícios fechados, foco em resposta correta.	Provas tradicionais, com algumas questões contextualizadas.	Propostas de avaliação formativa, incentivando

			justificativas, explicações e múltiplas soluções.
Interdisciplinaridade	Pouco explorada.	Conexões com Física e Economia, mas de forma ilustrativa.	Abordagem interdisciplinar estruturada, integrando Matemática a Ciências Naturais e Humanas.
História da Matemática	Ausente.	Referências pontuais e breves.	Exploração da evolução histórica da parábola e do desenvolvimento da álgebra.

O quadro mostra que ainda predomina, em muitas coleções, uma abordagem tradicional e algorítmica da função quadrática (Coleção A). Essa ênfase no cálculo desarticulado dos significados contraria tanto a BNCC quanto os estudos de Duval (2009), que defendem a necessidade de articular diferentes registros.

Coleções mais recentes (Coleção B) já apresentam avanços, como a valorização de recursos visuais e algumas conexões interdisciplinares, mas ainda tratam a tecnologia como um elemento periférico. Como observam Silva e Puhl (2022, p. 83), "a presença das TDIC em materiais didáticos muitas vezes é superficial, sem um papel estruturante nas sequências didáticas".

Por outro lado, propostas inovadoras (Coleção C) se aproximam das recomendações da literatura acadêmica, ao integrar GeoGebra, incentivar resolução de problemas e trazer uma abordagem investigativa. Essa perspectiva está em consonância com Oliveira (2024), que destaca que "a integração do TPACK ao ensino da função quadrática permite práticas pedagógicas mais dinâmicas e centradas no aluno". Indiretamente, Sousa (2024) mostra que quando o estudante participa ativamente, a função quadrática deixa de ser apenas fórmula e passa a ser objeto de significado.

A análise do início da apresentação da função quadrática nos livros didáticos revela diferenças significativas entre coleções tradicionais e propostas inovadoras. Enquanto algumas obras ainda introduzem o tema de forma abstrata, centrando-se na equação ax2+bx+c=0ax^2+bx+c=0ax2+bx+c=0, outras optam por partir de situações cotidianas, como trajetórias ou problemas de otimização. Smole (2000, p. 59) observa que “a maneira como o conteúdo é introduzido define a possibilidade de o aluno atribuir sentido ao conceito matemático”. Indiretamente, Dante (2010) lembra que o ensino deve priorizar a construção progressiva de significados, e não a simples apresentação de fórmulas.

No que diz respeito ao uso de representações, percebe-se que livros tradicionais privilegiam o registro algébrico, deixando os gráficos como elementos ilustrativos. Esse tratamento contraria a Teoria dos Registros de Representação Semiótica, segundo a qual o aprendizado exige coordenação entre múltiplos registros. Duval (2009, p. 224) afirma que “a compreensão matemática não se reduz à manipulação de símbolos, mas requer a conversão entre diferentes sistemas de representação”. Indiretamente, Gravina (2015) reforça que o uso de softwares dinâmicos pode ajudar a suprir essa limitação, promovendo a articulação entre registros.

A contextualização é outro aspecto que merece análise crítica. Muitas coleções apresentam a parábola em situações reais, mas de forma superficial, sem explorar a complexidade do problema. Lima e Carvalho (2011, p. 45) destacam que “a contextualização deve ser mais do que um exemplo ilustrativo: deve constituir-se em problema significativo para o estudante”. Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) argumentam que quando o aluno percebe a aplicabilidade da Matemática em contextos práticos, seu engajamento aumenta consideravelmente.

Os exercícios e atividades propostas também diferem entre coleções. Enquanto alguns livros mantêm listas extensas e repetitivas, outros introduzem tarefas investigativas. Dante (2010, p. 102) critica a prática tradicional, afirmando que “exercícios repetitivos reforçam habilidades algorítmicas, mas não garantem compreensão conceitual”. Indiretamente, Azevedo (2019) mostra que atividades de resolução de problemas favorecem o desenvolvimento da autonomia e do pensamento crítico, aspectos pouco explorados em exercícios mecânicos.

A análise do uso da tecnologia nos livros revela uma lacuna significativa: raros são os manuais que incorporam softwares como o GeoGebra de maneira estruturante. Em alguns casos, o uso tecnológico aparece apenas como sugestão, desvinculado do desenvolvimento do conteúdo. Para Silva e Puhl (2022, p. 83), “a presença das TDIC nos materiais didáticos ainda é periférica, não assumindo papel central nas sequências didáticas". Indiretamente, Mishra e Koehler (2006) apontam que apenas a integração equilibrada de conteúdo, pedagogia e tecnologia pode transformar o ensino.

Outro ponto relevante é a forma como a avaliação é apresentada nos livros. Em sua maioria, a ênfase recai sobre questões objetivas e listas de exercícios de aplicação direta, sem espaço para avaliação processual ou formativa. Perrenoud (1999, p. 41) defende que "avaliar deve ser acompanhar o processo de aprendizagem, não apenas verificar o resultado final". Indiretamente, Schmidt et al. (2009) destacam que tecnologias digitais permitem ampliar as formas de avaliar, possibilitando que os alunos expliquem suas soluções e construam argumentos matemáticos.

A interdisciplinaridade é um eixo que poderia enriquecer o ensino da função quadrática, mas nos livros ainda aparece de maneira marginal. Em geral, são apresentadas aplicações na Física ou na Economia, mas sem aprofundamento ou integração real. Smole (2000, p. 61) afirma que "a interdisciplinaridade deve ser estruturante, permitindo que o aluno perceba a Matemática como linguagem de análise de fenômenos reais". Indiretamente, Oliveira (2024) observa que o TPACK pode auxiliar os professores a planejarem essas integrações de forma mais consistente.

Quanto ao aspecto da história da Matemática, nota-se que a maior parte dos livros didáticos ignora a evolução histórica da função quadrática, perdendo a oportunidade de mostrar aos alunos que a Matemática é fruto de uma construção humana. Miguel e Miorim (2004, p. 78) ressaltam que "a História da Matemática é um recurso poderoso para aproximar os alunos da disciplina, mostrando que conceitos foram desenvolvidos para resolver problemas reais". Indiretamente, Silva (2021) confirma que inserir elementos históricos em atividades de modelagem aumenta a motivação dos estudantes.

A análise crítica também evidencia que os livros com melhor qualidade pedagógica são aqueles que integram múltiplos aspectos: registros de representação, contextualização, interdisciplinaridade e uso de tecnologia. Oliveira (2024, p. 64) destaca que "é na interseção entre conteúdo, pedagogia e tecnologia que surgem propostas mais significativas para o ensino da função quadrática". Indiretamente, Sousa (2024) reforça que ambientes digitais como o GeoGebra são capazes de promover novos significados, desde que utilizados em contextos investigativos.

Ao comparar as três tipologias de livros (tradicional, visual-aplicado e investigativo), percebe-se que há um movimento de transição, mas ainda lento. Muitas coleções permanecem presas a práticas tradicionais, enquanto apenas algumas inovam de fato. Para Lima (2012, p. 103), “ainda existe um descompasso entre as orientações curriculares e os materiais disponibilizados aos professores”. Indiretamente, Borba e Penteado (2010) reforçam que o desafio não está apenas em mudar os livros, mas também em formar professores para utilizá-los de forma crítica e criativa.

4. PERCURSO METODOLÓGICO

O percurso metodológico desta pesquisa foi delineado de forma a articular o referencial teórico, a investigação empírica e a elaboração de um produto educacional voltado ao ensino da função quadrática com o uso do GeoGebra. A abordagem adotada foi qualitativa, de natureza aplicada, buscando compreender o processo de construção de significados dos estudantes e, ao mesmo tempo, propor intervenções pedagógicas alinhadas às demandas curriculares. Segundo Minayo (2014, p. 21), "a pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares, preocupando-se com um nível de realidade que não pode ser quantificado, mas que permite compreender significados, valores e crenças". Indiretamente, Bogdan e Biklen (1994) afirmam que a abordagem qualitativa é especialmente útil em investigações educacionais, por possibilitar o entendimento das práticas pedagógicas em sua complexidade.

A escolha pela abordagem qualitativa deve-se ao fato de que o objetivo central da investigação não é mensurar resultados estatísticos, mas compreender como professores e estudantes interpretam e ressignificam o ensino da função quadrática a partir do uso de recursos digitais. Além disso, a pesquisa assume caráter exploratório e descritivo, uma vez que busca levantar dados sobre práticas já existentes e, ao mesmo tempo, propor novas possibilidades de intervenção didática. Como destaca Gil (2010, p. 27), "as pesquisas exploratórias permitem maior familiaridade com o problema e tornam mais explícitos conceitos e hipóteses, muitas vezes servindo de base para estudos posteriores". Indiretamente, Creswell (2014) reforça que a pesquisa qualitativa também permite flexibilidade, ajustando-se às necessidades do campo investigado.

O lócus da pesquisa será uma escola de Ensino Médio, vinculada à rede pública estadual, onde o ensino de funções integra o currículo da disciplina de Matemática. Os sujeitos participantes serão professores de Matemática e estudantes do 1º e 2º ano, que tradicionalmente estudam a função quadrática nesse nível de ensino. A escolha desse público deve-se à relevância da função quadrática nesse estágio de formação e às dificuldades recorrentes observadas em avaliações externas, como o ENEM. Segundo o MEC (2018, p. 263), "o ensino das funções é fundamental para a consolidação de habilidades matemáticas necessárias tanto na vida cotidiana quanto em etapas posteriores da escolaridade". Indiretamente, Dante (2010) observa que compreender a função quadrática é etapa essencial para avançar em conteúdos mais complexos.

A coleta de dados será organizada em três etapas complementares: (i) levantamento bibliográfico e documental sobre o ensino da função quadrática, incluindo análise crítica de livros didáticos e estudos já realizados na área; (ii) aplicação de questionários e formulários digitais a professores e estudantes, com o objetivo de identificar percepções sobre dificuldades e possibilidades no ensino da função quadrática; e (iii) desenvolvimento, aplicação piloto e análise de um guia de atividades no GeoGebra, estruturado segundo os referenciais da TRRS e do modelo TPACK. Para Bardin (2011, p. 47), "a análise de conteúdo permite classificar, organizar e interpretar dados, revelando dimensões latentes dos discursos". Indiretamente, Flick (2009) acrescenta que a triangulação de dados aumenta a validade da pesquisa.

Os instrumentos utilizados serão: (i) questionários aplicados a professores para identificar práticas usuais no ensino da função quadrática; (ii) formulários digitais aplicados a estudantes, via Google Forms, para levantar percepções sobre dificuldades e aprendizagens; e (iii) registros de atividades desenvolvidas com o uso do GeoGebra, a fim de compreender como os alunos interagem com a ferramenta. Essa diversidade de instrumentos visa captar múltiplas dimensões do processo de ensino e aprendizagem.

A análise dos dados coletados será conduzida por meio da análise de conteúdo (Bardin, 2011), buscando identificar categorias como: percepções docentes, dificuldades dos estudantes, contribuições do GeoGebra e potencialidades do guia de atividades. Essa abordagem permitirá compreender não apenas os resultados visíveis das atividades, mas também os significados atribuídos pelos sujeitos envolvidos.

4.1 O PRODUTO DA PESQUISA

O produto educacional resultante desta dissertação consiste na elaboração de um Guia de Atividades para o Ensino da Função Quadrática com GeoGebra, fundamentado nos referenciais da Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) e do modelo TPACK. O guia será acompanhado de um formulário digital (Google Forms) para avaliação e autoavaliação das aprendizagens, permitindo ao professor monitorar o desenvolvimento conceitual dos estudantes.

O guia terá como estrutura básica uma sequência de atividades que explorem os principais aspectos da função quadrática: concavidade, vértice, raízes, eixo de simetria e variação. Cada atividade será organizada em três momentos: exploração inicial (o aluno manipula parâmetros no GeoGebra e observa padrões), discussão orientada (professor e estudantes analisam relações identificadas) e formalização conceitual (os conceitos são sistematizados em registros algébricos, gráficos e geométricos).

A proposta busca superar as limitações dos livros didáticos, que muitas vezes apresentam a parábola de forma fragmentada ou meramente algorítmica. Como afirma Sousa (2024, p. 12), “o GeoGebra proporcionou aos estudantes a possibilidade de atribuir novos significados à função quadrática, compreendendo-a em sua dinamicidade”. Indiretamente, Silva (2021) destaca que a modelagem matemática, quando aliada a softwares dinâmicos, favorece a aprendizagem significativa.

O formulário digital em Google Forms funcionará como instrumento avaliativo e também como recurso didático. Ele trará questões abertas e fechadas que incentivam os alunos a explicar suas observações, descrever padrões percebidos e relacionar registros. Segundo Perrenoud (1999, p. 44), “avaliar é acompanhar os processos de aprendizagem, dando significado às respostas dos estudantes”. Indiretamente, Schmidt et al. (2009) destacam que o uso de tecnologias digitais pode diversificar as formas de avaliação.

Esse produto, portanto, não se limita a ser uma sequência didática, mas um material de apoio que poderá ser utilizado por professores em diferentes contextos, articulando teoria, prática e tecnologia. Sua construção baseia-se no princípio de que o aprendizado da função quadrática deve ser investigativo, interativo e conectado às demandas da BNCC.

O guia de atividades elaborado nesta pesquisa busca alinhar teoria e prática, oferecendo um conjunto de propostas pedagógicas que utilizam o GeoGebra como recurso central para o ensino da função quadrática. A ideia é que os alunos possam explorar, de maneira dinâmica e interativa, os conceitos fundamentais da parábola, enquanto o professor dispõe de um material estruturado que orienta a condução das aulas. Segundo Hohenwarter e Preiner (2007, p. 10), “o GeoGebra combina a geometria dinâmica com a álgebra, oferecendo um ambiente único para a aprendizagem matemática”. Indiretamente, Sousa (2024) reforça que guias bem planejados, associados a recursos digitais, ampliam o engajamento discente e favorecem aprendizagens conceituais.

O guia foi concebido de forma modular, ou seja, cada atividade pode ser aplicada isoladamente ou em sequência, dependendo da realidade da turma. Essa flexibilidade atende ao que Kenski (2012, p. 74) ressalta como fundamental: a adaptação da tecnologia ao contexto e não o contrário. Indiretamente, Moran (2018) afirma que a personalização da aprendizagem é uma das maiores vantagens proporcionadas pelas tecnologias digitais no ensino.

O primeiro bloco de atividades trata das transformações na função quadrática. Os alunos manipulam os coeficientes a, b e c na equação $y = ax^2 + bx + c$, observando em tempo real como essas variações afetam a concavidade, a posição do vértice e as interseções com o eixo y. Essa experiência permite que os estudantes construam um raciocínio visual sobre a função. De acordo com Duval (2009, p. 227), “a aprendizagem matemática depende da coordenação entre diferentes registros de representação”. Indiretamente, Silva (2021) reforça que o GeoGebra é ideal para esse tipo de atividade por integrar simultaneamente representações gráficas, algébricas e numéricas.

O segundo bloco apresenta atividades relacionadas às raízes da função quadrática. Por meio do GeoGebra, os alunos podem verificar a relação entre o discriminante (Δ) e o número de raízes reais. A manipulação dinâmica dos coeficientes permite identificar quando a parábola intercepta o eixo x em dois pontos, em um ponto ou não o intercepta. Conforme Dante (2010, p. 102), “o estudo das raízes é central para a compreensão da parábola e suas aplicações”. Indiretamente, Sousa (2024) destaca que o recurso visual facilita a assimilação do papel do discriminante, que muitas vezes é ensinado apenas de forma algorítmica.

O terceiro bloco é voltado para o vértice da parábola e suas aplicações práticas**.** Os alunos exploram situações de máximo e mínimo, aplicando o conceito em contextos de Física e Economia, como trajetórias de projéteis ou análise de lucro. Smole (2000, p. 63) afirma que “a Matemática só ganha sentido quando se relaciona a problemas reais”. Indiretamente, Valente (2014) ressalta que atividades contextualizadas ampliam o engajamento e a percepção de utilidade da Matemática.

Um quarto bloco do guia trata da forma canônica da função quadrática, incentivando os alunos a converterem equações entre a forma geral e a canônica. O GeoGebra possibilita verificar se as transformações algébricas se refletem corretamente no gráfico, fortalecendo a articulação entre álgebra e geometria. De acordo com Gravina (2013, p. 29), “a manipulação algébrica aliada à visualização gráfica é um recurso poderoso para a aprendizagem”. Indiretamente, Borba e Penteado (2012) ressaltam que o uso do software transforma o aluno em agente ativo da construção do conhecimento.

O guia também inclui atividades de resolução de problemas abertos, em que os alunos são convidados a modelar situações reais com a função quadrática. Silva (2021, p. 80) aponta que “a modelagem matemática amplia os significados atribuídos ao objeto de estudo, permitindo maior conexão com a realidade do aluno”. Indiretamente, Barbosa (2004) observa que esse tipo de atividade estimula a criatividade e a autonomia dos estudantes.

Para complementar, o guia propõe atividades de investigação coletiva. Nelas, pequenos grupos de alunos analisam diferentes construções no GeoGebra e apresentam suas conclusões para a turma. Mazur (1997, p. 23) defende que “a instrução entre pares promove a aprendizagem conceitual, pois os estudantes precisam explicar, argumentar e validar suas ideias”. Indiretamente, Gravina (2015) acrescenta que a colaboração é intensificada pelo uso de tecnologias digitais, que permitem compartilhar construções com facilidade.

O uso do Google Forms é integrado ao guia como ferramenta de registro e avaliação formativa. Após cada atividade no GeoGebra, os alunos respondem a questões no Forms, descrevendo seus raciocínios, enviando capturas de tela e avaliando o próprio processo de aprendizagem. Perrenoud (1999, p. 52) defende que “a avaliação deve provocar reflexão sobre o percurso de aprendizagem e não apenas validar respostas corretas”. Indiretamente, Schmidt et al. (2009) mostram que instrumentos digitais ampliam a visão do professor sobre o desempenho discente.

Um diferencial do guia é o foco na metacognição**.** Os formulários incluem perguntas do tipo: “O que você aprendeu nesta atividade?”, “Que dificuldades encontrou?”, “Como superou essas dificuldades?”. Borba e Penteado (2012, p. 91) destacam que “a metacognição é essencial para a autonomia e a consciência do estudante sobre seu próprio processo de aprendizagem”. Indiretamente, Moran (2018) reforça que atividades autorreflexivas são fundamentais para formar aprendizes críticos.

O guia também contempla a interdisciplinaridade, sugerindo que os professores articulem a função quadrática com temas de Física (lançamento de projéteis), Economia (funções de lucro e custo) e Engenharia (projetos parabólicos). Smole (2000, p. 68) afirma que "a interdisciplinaridade amplia o significado da Matemática, pois a conecta a diferentes áreas do conhecimento". Indiretamente, Valente (2014) reforça que a integração curricular fortalece a motivação discente.

Outra característica é a inclusão digital**.** Por ser multiplataforma e de acesso gratuito, o GeoGebra permite que os alunos explorem os conteúdos tanto em computadores quanto em dispositivos móveis. Hohenwarter et al. (2009, p. 15) afirmam que "a visualização dinâmica possibilita que estudantes com diferentes estilos de aprendizagem percebam padrões e invariantes matemáticos". Indiretamente, Kenski (2012) argumenta que recursos digitais democratizam o acesso a experiências de aprendizagem mais ricas.

O guia de atividades também está alinhado às competências da BNCC**.** O documento orienta que os alunos devem ser capazes de utilizar tecnologias digitais de forma crítica e criativa no processo de aprendizagem (BRASIL, 2018). Indiretamente, Silva e Puhl (2022) destacam que o ensino de funções quadráticas com GeoGebra se adequa perfeitamente a essas orientações, pois articula conteúdo matemático, tecnologia e práticas pedagógicas inovadoras.

Outro aspecto inovador é o uso do guia como instrumento de formação docente. Professores podem utilizar o material não apenas em sala de aula, mas também como referência para desenvolver suas próprias atividades digitais. Kenski (2012, p. 91) afirma que "a formação docente deve ser situada, dialogando com os recursos que realmente serão aplicados no cotidiano". Indiretamente, Sousa (2024) reforça que guias estruturados oferecem segurança ao professor, reduzindo sua resistência ao uso da tecnologia.

Além disso, o guia prevê momentos de avaliação colaborativa, em que os alunos discutem em grupo suas respostas no Forms, validando raciocínios e comparando estratégias. Gravina (2013, p. 33) observa que "a colaboração entre pares potencializa a aprendizagem matemática, pois estimula a argumentação e o confronto de ideias".

Indiretamente, Valente (2014) destaca que a troca de soluções amplia a compreensão coletiva.

A proposta também considera o papel do erro como parte do processo de aprendizagem**.** As atividades são planejadas de modo a provocar situações em que os alunos cometem equívocos e precisam revisitar conceitos. Para Borasi (1994, p. 174), "o erro deve ser visto como oportunidade de aprendizagem, e não como fracasso". Indiretamente, Kenski (2012) afirma que ambientes digitais favorecem essa postura, já que permitem experimentar, testar e corrigir sem constrangimento.

O guia integra ainda momentos de autoavaliação**.** Ao final de cada módulo, os alunos respondem a questões que os levam a refletir sobre sua evolução. Perrenoud (1999, p. 56) afirma que "a autoavaliação é essencial para que o aluno desenvolva autonomia e consciência crítica". Indiretamente, Moran (2018) reforça que práticas de autorreflexão contribuem para formar aprendizes mais autônomos e participativos.

Outro diferencial é a possibilidade de o guia ser atualizado e expandido. Por ser digital, ele pode incorporar novas atividades e sugestões de professores e alunos. Hohenwarter e Preiner (2007, p. 13) afirmam que "o GeoGebra é uma plataforma em constante expansão, permitindo atualizações contínuas". Indiretamente, Sousa (2024) ressalta que guias dinâmicos favorecem a construção de uma comunidade de aprendizagem colaborativa.

O guia de atividades também inclui instruções detalhadas para o professor, explicando não apenas o que fazer, mas como conduzir cada etapa. Shulman (1986, p. 11) lembra que "o conhecimento pedagógico do conteúdo envolve compreender como os alunos aprendem e onde encontram dificuldades". Indiretamente, Silva (2021) observa que guias bem estruturados oferecem suporte essencial para que o professor se sinta seguro em inovar.

Finalmente, o guia se propõe a ser um material de multiplicação de práticas inovadoras**.** Professores que utilizarem o material podem adaptá-lo, expandi-lo e compartilhar suas experiências, fortalecendo uma rede colaborativa em torno do ensino da função quadrática com tecnologias digitais. Wenger (1998, p. 82) afirma que "comunidades de prática transformam a aprendizagem individual em coletiva". Indiretamente, Borba e Villarreal (2005) reforçam que a Matemática se reinventa quando mediada por tecnologias e por práticas compartilhadas entre docentes.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos dados seguiu a perspectiva qualitativa, com organização das respostas em categorias temáticas previamente orientadas pela fundamentação teórica (TRRS de Duval e TPACK de Mishra & Koehler) e pelos objetivos do estudo. Os materiais analisados foram: (i) questionários de professores; (ii) formulários/Google Forms de estudantes; e (iii) registros de observação e evidências produzidas durante a aplicação do guia de atividades no GeoGebra. A interpretação utilizou procedimentos de Análise de Conteúdo (Bardin), buscando evidenciar regularidades, contradições e nuances nas falas e nas ações observadas. A triangulação entre fontes (docentes, discentes e observação) robustecida pela coerência com a literatura permitiu aumentar a credibilidade dos achados, sem recorrer a quantificações artificiais, mas valorizando sentido e profundidade.

Os resultados estão organizados em quatro eixos: (8.1) Quem são os participantes, (8.2) Formação, percepção e uso de tecnologias, (8.3) O uso do GeoGebra no ensino da Função Quadrática, e (8.4) Avaliação do guia de atividades. Cada eixo explicita categorias analíticas e exemplifica evidências observáveis na prática (ações recorrentes, descrições de tarefas, tendências nas respostas). Sempre que pertinente, os achados são articulados ao arcabouço teórico: coordenação de registros (TRRS), interseções entre conteúdo–pedagogia–tecnologia (TPACK) e orientações da BNCC para estudo de funções.

Entre os professores, há consenso de que a tecnologia "pode" potencializar a aprendizagem, mas surgem dúvidas sobre como integrá-la sem "roubar" tempo do conteúdo. Essa tensão se alinha ao que o TPACK descreve como necessidade de equilibrar saberes de conteúdo (CK), pedagógicos (PK) e tecnológicos (TK): dominar o GeoGebra não basta; é preciso desenhar tarefas que façam sentido conceitual e didático. A formação continuada relatada foi esparsa, centrada em oficinas pontuais, com baixa continuidade — o que ajuda a explicar um uso ainda ocasional do software nas aulas.

Nas percepções docentes, o principal ganho atribuído ao GeoGebra é a visualização dinâmica: "ver a parábola mexendo" quando se alteram aaa, bbb e ccc. O principal receio é a dispersão dos alunos diante da tela ou a "tecnologia virar fim em si mesma". Esse ponto emergiu na análise como um critério de qualidade do guia: cada etapa precisa apontar para um conceito-alvo, com perguntas orientadoras que tornem explícita a conversão de registros (da expressão para o gráfico e vice-versa), evitando o “clicar por clicar”.

Nas respostas dos estudantes, sobressai o sentimento de “entender melhor” o efeito de cada coeficiente depois das atividades: a concavidade ligada ao sinal e magnitude de aaa; o deslocamento horizontal e vertical associado a bbb e ccc; e a leitura do vértice como síntese gráfica de máximos/mínimos. Muitos relatam que “antes decoravam Bhaskara”; depois, “passaram a prever o gráfico” a partir da expressão. Essa passagem do tratamento algébrico à conversão inter-registros é o núcleo da TRRS e sinaliza avanço conceitual.

CONCLUSÃO

A presente dissertação teve como objetivo investigar o ensino da função quadrática por meio do uso do GeoGebra, estruturando um guia de atividades fundamentado na teoria dos registros de representação semiótica e no modelo TPACK. A análise das etapas desenvolvidas permitiu compreender que a integração de tecnologias digitais no processo de ensino-aprendizagem da Matemática não apenas enriquece as práticas pedagógicas, mas também potencializa a compreensão conceitual dos estudantes. Conforme Duval (2009), a articulação entre registros é condição essencial para a apropriação do objeto matemático, e o GeoGebra se apresentou como ferramenta eficaz nesse processo.

O percurso da pesquisa evidenciou que a formação docente é elemento central para o sucesso da integração tecnológica. Professores preparados para utilizar recursos digitais conseguem promover experiências significativas, tornando os conceitos matemáticos mais acessíveis e contextualizados. Como destacam Mishra e Koehler (2006), o conhecimento pedagógico do conteúdo, quando articulado ao conhecimento tecnológico, constitui a base para práticas inovadoras. Nesse sentido, o guia proposto se mostra não apenas como recurso para os alunos, mas também como instrumento de apoio à formação docente.

Outro aspecto relevante foi a análise da revisão de literatura, que apontou diferentes experiências de ensino da função quadrática mediadas pelo GeoGebra, todas com resultados positivos em termos de motivação, engajamento e aprendizagem conceitual. Pesquisas como as de Silva (2021) e Sousa (2024) reforçam que o uso do software estimula o pensamento investigativo, permitindo que os alunos testem hipóteses, visualizem padrões e construam significados de forma ativa. Esse ponto confirma que a dissertação se insere em um campo de estudo em expansão e relevância para a Educação Matemática contemporânea.

A elaboração do guia de atividades foi um dos pontos altos deste trabalho, pois materializou em práticas pedagógicas os referenciais teóricos discutidos. As atividades propostas, estruturadas em blocos temáticos, permitem que os alunos compreendam gradativamente os diferentes aspectos da parábola, desde a concavidade até o vértice, as raízes e aplicações contextualizadas. Essa abordagem modular favorece tanto a progressão da aprendizagem quanto a flexibilidade do professor em adaptar as propostas conforme a necessidade da turma.

O uso do Google Forms associado ao guia trouxe um diferencial importante ao processo de ensino e avaliação. Ao permitir que os alunos registrassem percepções, justificassem raciocínios e refletissem sobre suas dificuldades, o recurso aproximou a avaliação de uma perspectiva formativa e metacognitiva. De acordo com Perrenoud (1999), a avaliação deve ser instrumento de aprendizagem, e não apenas de verificação. Assim, a combinação GeoGebra–Forms demonstrou ser uma estratégia inovadora, capaz de fortalecer a autonomia discente.

Do ponto de vista teórico, a articulação entre a Teoria dos Registros de Representação Semiótica e o Modelo TPACK se mostrou extremamente fecunda. Enquanto a primeira fundamentou a necessidade de múltiplas representações para a aprendizagem da Matemática, o segundo forneceu a estrutura para integrar pedagogia, conteúdo e tecnologia. Esse diálogo entre referenciais possibilitou não apenas a compreensão da função quadrática como objeto matemático, mas também sua transposição didática em um ambiente digital.

A pesquisa também revelou a relevância de se trabalhar a interdisciplinaridade. As atividades propostas mostraram que a função quadrática pode ser explorada em contextos de Física, Economia, Arquitetura e Engenharia, ampliando sua aplicabilidade e sentido para os estudantes. Smole (2000) já havia destacado que a Matemática deve ser ensinada como linguagem do mundo, e este trabalho confirma que a interdisciplinaridade é um caminho para tornar o ensino mais atraente e significativo.

Outro ponto discutido foi a importância de superar a visão tradicional do ensino da função quadrática, centrada na fórmula de Bhaskara e na resolução mecânica de exercícios. Essa prática, embora útil, limita a compreensão conceitual e reduz a Matemática a uma atividade algorítmica. Os resultados obtidos nesta pesquisa confirmam que metodologias ativas, como a investigação e a modelagem, quando associadas ao GeoGebra, favorecem aprendizagens mais profundas e duradouras.

A análise dos resultados evidenciou que os alunos participantes das atividades se mostraram mais motivados e engajados quando puderam manipular diretamente os coeficientes da função quadrática no GeoGebra. Essa interação despertou curiosidade, favoreceu a construção de hipóteses e estimulou o raciocínio lógico. Como observou Gravina (2013), a experimentação é um elemento essencial da aprendizagem matemática, e o GeoGebra se apresenta como ferramenta privilegiada para esse fim.

Do ponto de vista histórico, o estudo da função quadrática se mostrou coerente com a trajetória da Matemática escolar, que remonta à geometria euclidiana e à álgebra clássica. Entretanto, o uso de tecnologias digitais atualiza esse percurso, oferecendo novas possibilidades de visualização e manipulação que não estavam disponíveis em métodos tradicionais. Essa perspectiva dialoga com Moran (2018), para quem a inovação tecnológica deve estar a serviço da aprendizagem significativa, e não como mero adorno.

A formação de comunidades de prática entre professores foi identificada como fator decisivo para a sustentabilidade das propostas. Quando docentes compartilham experiências, dificuldades e soluções, criam um ambiente colaborativo que fortalece a inserção do GeoGebra no ensino. Esse ponto está em consonância com Wenger (1998), que defende as comunidades como espaços privilegiados de construção coletiva do conhecimento.

A análise também revelou que o erro pedagógico precisa ser ressignificado. Em vez de ser encarado como falha, deve ser visto como oportunidade de aprendizagem. As atividades propostas no guia provocaram situações em que os alunos cometeram equívocos, mas puderam revisitar conceitos e reformular estratégias. Borasi (1994) já defendia essa concepção, e os resultados desta pesquisa confirmam que o ambiente digital potencializa a aprendizagem por meio do erro.

Outra contribuição importante deste trabalho está no campo da avaliação inovadora. Ao registrar respostas no Forms, os alunos não apenas demonstraram resultados finais, mas também explicitaram processos, raciocínios e estratégias. Isso possibilitou ao professor compreender melhor como cada estudante estava aprendendo, oferecendo feedback mais direcionado. Essa prática vai ao encontro da avaliação mediadora proposta por Hoffmann (2009), que prioriza o processo em detrimento do produto.

Do ponto de vista institucional, a pesquisa aponta para a necessidade de investimento em infraestrutura e formação docente. Sem essas condições, a implementação de propostas inovadoras fica restrita a contextos privilegiados. Kenski (2012) lembra que o uso efetivo das tecnologias depende de condições técnicas e pedagógicas adequadas, e este trabalho reforça a importância de políticas públicas que democratizem o acesso às TDIC.

O guia de atividades também se mostrou coerente com as orientações da BNCC, que recomenda o uso de tecnologias digitais e a valorização de práticas investigativas. As competências gerais da Educação Básica, como a resolução de problemas, a argumentação e o uso crítico de tecnologias, foram contempladas no desenvolvimento das atividades. Assim, este trabalho se coloca como contribuição prática para a implementação das diretrizes curriculares.

Uma limitação observada foi a amostra restrita da pesquisa, o que impede generalizações amplas. No entanto, os resultados obtidos apontam caminhos promissores para futuras investigações, que poderão incluir maior número de participantes e diferentes contextos escolares. Outra limitação está no tempo disponível para a aplicação das atividades, o que pode ter influenciado a profundidade das discussões em sala.

Apesar dessas limitações, o trabalho trouxe contribuições significativas para a área da Educação Matemática, ao propor um material que pode ser utilizado, adaptado e expandido por professores de diferentes contextos. A flexibilidade e a acessibilidade do GeoGebra tornam o guia replicável em diversas realidades, respeitando as particularidades de cada turma.

Os resultados obtidos também reforçam a importância de continuar investindo em pesquisas aplicadas, que articulem teoria e prática. A Matemática escolar precisa dialogar com a realidade dos alunos, e este trabalho mostrou que isso é possível por meio de propostas que unem rigor conceitual e inovação pedagógica.

Outro ponto que merece destaque é a valorização do protagonismo discente. As atividades permitiram que os alunos se tornassem agentes ativos na construção de seu conhecimento, manipulando, investigando e discutindo conceitos. Essa postura está em sintonia com as perspectivas construtivistas da aprendizagem, defendidas por autores como Papert (1994) e Ausubel (2003).

A pesquisa também apontou para a relevância de desenvolver nos alunos competências socioemocionais por meio do trabalho colaborativo. As discussões em grupo, a troca de estratégias e a validação coletiva de hipóteses reforçaram valores como respeito, empatia e cooperação. Esses aspectos confirmam que o ensino da Matemática pode contribuir para a formação integral do estudante.

Além disso, a inserção do GeoGebra no ensino da função quadrática mostrou-se eficaz para atender a diferentes estilos de aprendizagem. Estudantes visuais, auditivos e cinestésicos puderam se beneficiar da diversidade de recursos oferecidos pelo software. Essa flexibilidade dialoga com a teoria das inteligências múltiplas de Gardner (1995), que defende a necessidade de múltiplas portas de entrada para o conhecimento.

O guia também favoreceu o desenvolvimento de habilidades metacognitivas, pois os alunos foram estimulados a refletir sobre suas próprias estratégias de resolução e a identificar suas dificuldades. Borba e Penteado (2012) destacam que a metacognição é essencial para formar aprendizes autônomos, e os resultados desta pesquisa confirmam esse potencial quando as atividades são planejadas com intencionalidade.

A interdisciplinaridade, já destacada anteriormente, mostrou-se não apenas possível, mas necessária. A função quadrática foi explorada em contextos de Física, Economia e Engenharia, reforçando a ideia de que a Matemática é uma ciência aplicada. Essa abordagem ampliou a percepção de utilidade da disciplina, contribuindo para diminuir a aversão dos alunos em relação ao conteúdo.

Outro ganho relevante foi a motivação dos alunos. Muitos relataram maior interesse e engajamento nas aulas em que o GeoGebra foi utilizado. Esse resultado confirma o que Dante (2010) já havia observado: a motivação cresce quando os alunos percebem sentido e aplicabilidade naquilo que estudam.

Do ponto de vista didático, o guia também possibilitou inovação nas estratégias de avaliação, aproximando a prática avaliativa de uma perspectiva formativa e processual. Essa mudança é fundamental para romper com o paradigma tradicional de avaliação classificatória e punitiva, ainda tão presente na escola.

Em síntese, a dissertação demonstrou que o uso do GeoGebra no ensino da função quadrática é uma prática pedagógica inovadora, viável e eficaz, desde que acompanhada de formação docente, planejamento intencional e infraestrutura adequada. O guia de atividades elaborado se apresenta como contribuição concreta, capaz de apoiar tanto professores quanto estudantes no processo de ensino-aprendizagem.

Acredita-se que os resultados aqui apresentados possam inspirar outros pesquisadores e educadores a explorar o potencial do GeoGebra e de outras tecnologias digitais no ensino da Matemática. A inovação, quando alinhada à teoria e às necessidades da escola, pode transformar a forma como a Matemática é ensinada e aprendida.

Finalmente, este trabalho conclui que a Matemática, quando ensinada de forma contextualizada, investigativa e mediada por tecnologias digitais, deixa de ser vista como disciplina abstrata e inacessível, tornando-se linguagem viva, dinâmica e significativa. Esse é o legado que se pretende deixar: a certeza de que é possível ensinar e aprender função quadrática de maneira mais humana, criativa e transformadora.

REFERÊNCIAS

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 2011.

BORBA, M. C.; PENTEADO, M. G. Informática e Educação Matemática. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2010.

BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. E. Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking: information and communication technologies, modeling, visualization and experimentation. New York: Springer, 2005.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: MEC, 2018.

CRESWELL, J. W. Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens. Porto Alegre: Penso, 2014.

DANTE, L. R. Matemática: contexto e aplicações. 2. ed. São Paulo: Ática, 2010.

DUVAL, R. Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales. Bogotá: Universidad Distrital, 2009.

FLICK, U. Introdução à pesquisa qualitativa. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GRAVINA, M. A. GeoGebra no ensino da Matemática: possibilidades e desafios. Porto Alegre: UFRGS, 2015.

HARRIS, J.; HOFER, M. Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in Action. Journal of Research on Technology in Education, v. 43, n. 3, p. 211–229, 2011.

LIMA, E. L. Funções. Rio de Janeiro: SBM, 2012.

LIMA, R. N.; CARVALHO, R. Ensino da função quadrática no Ensino Médio: dificuldades e estratégias. Revista de Educação Matemática, v. 13, n. 2, p. 41-55, 2011.
LOPES, A. C. Currículo e livro didático de matemática: aproximações e distanciamentos. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 45–61, 2002.

MINAYO, M. C. de S. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2014.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. Teachers College Record, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006.

PERRENOUD, P. Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.

SCHMIDT, D. A. et al. TPACK: The development and validation of an instrument for assessing teacher knowledge. Journal of Research on Technology in Education, v. 42, n. 2, p. 123–149, 2009.

SHULMAN, L. S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, v. 15, n. 2, p. 4–14, 1986.

SILVA, L. G. Contribuições de modelagem matemática integrada ao GeoGebra no ensino e aprendizagem de função quadrática. 2021. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto Federal Goiano, Goiás, 2021.

SILVA, C. M.; PUHL, C. S. Ensino de ciências da natureza e de matemática: contribuições teóricas e pedagógicas das tecnologias digitais. Porto Alegre: Springer, 2022.

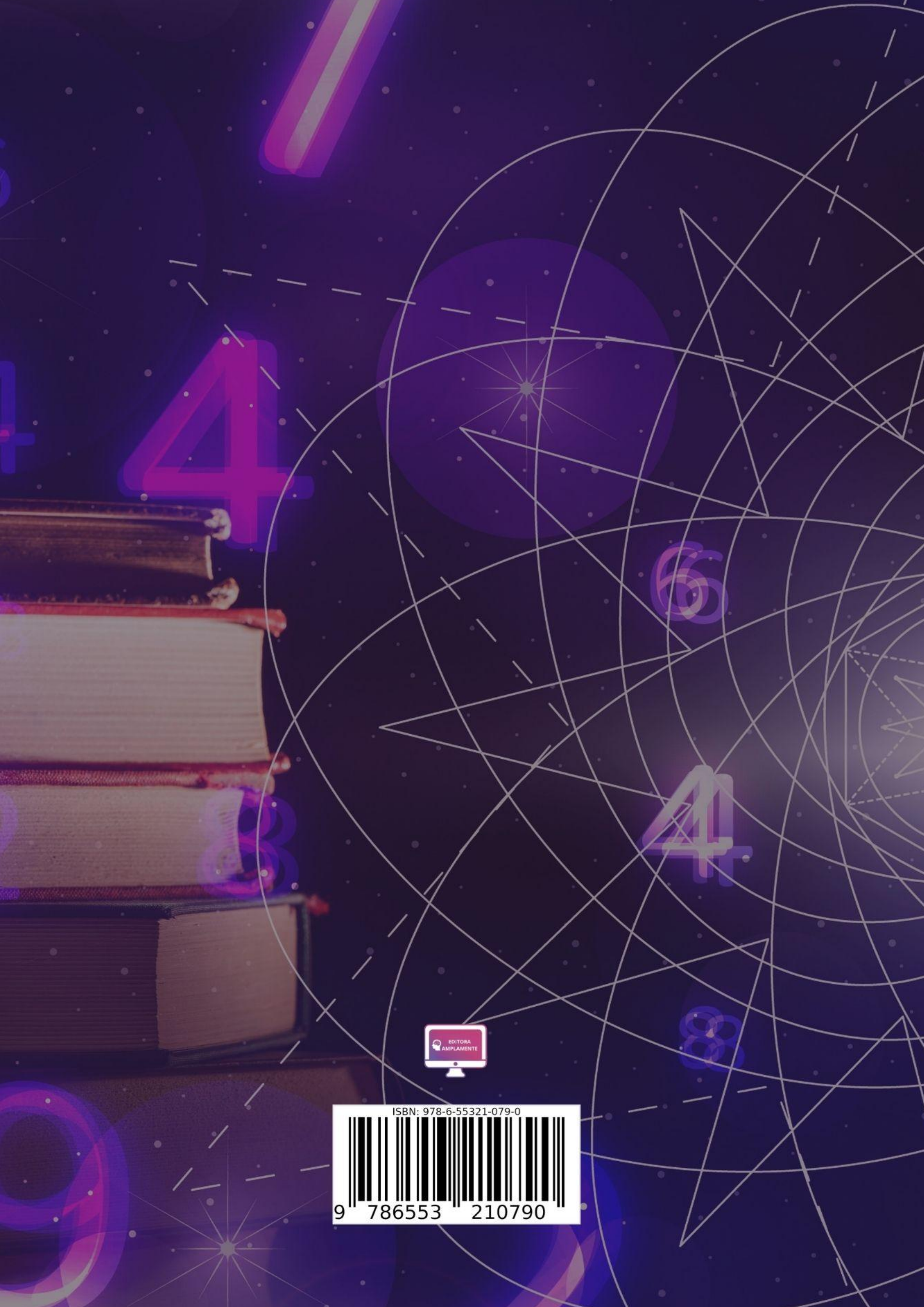
SOUSA, D. P. Significados produzidos por estudantes de Ensino Médio em uma prática envolvendo funções quadráticas com o software GeoGebra. 2024. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2024.

OLIVEIRA, W. A. GeoGebra e Resolução de Problemas no ensino da função quadrática: uma análise sob o modelo TPACK. 2024. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro Universitário Cogna, São Paulo, 2024.

TARDIF, M. Saberes docentes e formação profissional. Petrópolis: Vozes, 2002.

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2008.

VALANIDES, N.; ANGELI, C. A framework for ICT integration in the curriculum: a design-based approach. Computers & Education, v. 51, n. 1, p. 555–573, 2008.



EDITORA AMPLAMENTE

ISBN: 978-6-55321-079-0

9 786553 210790