

**O USO DA MODELAGEM
MATEMÁTICA NO ENSINO
DE EQUAÇÕES
DIFERENCIAIS
ORDINÁRIAS: UMA
REVISÃO CRÍTICA DA
LITERATURA E SUAS
IMPLICAÇÕES PARA O
ENSINO SUPERIOR**

**THE USE OF MATHEMATICAL MODELING IN TEACHING ORDINARY
DIFFERENTIAL EQUATIONS: A CRITICAL LITERATURE REVIEW AND ITS
IMPLICATIONS FOR HIGHER EDUCATION**

Ciências Exatas e da Terra • 12/08/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/786504083](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/786504083)

Venâncio Sebastião Finda
Deoclecio Jardim Amorim

RESUMO

As EDOs (Equações Diferenciais Ordinárias) são um dos principais instrumentos matemáticos para a modelagem e a análise de características nas Ciências Exatas, na Engenharia e em muitas outras áreas do conhecimento. No entanto, seu ensino ainda se baseia, em sua maior parte, em métodos analíticos e em procedimentos algébricos, o que tem sido relacionado a dificuldades de aprendizagem que decorrem da escassa contextualização dos conceitos e da frágil articulação entre teoria e prática. Com isso, a Modelagem Matemática pode ser uma proposta que leva à aprendizagem significativamente. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise crítica das contribuições da Modelagem Matemática para o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias no Ensino Superior, por meio de uma revisão integrativa da literatura, que foi realizada a partir da formulação da questão de pesquisa, da busca nas bases de dados, da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, da análise dos estudos selecionados e da síntese das evidências. Os resultados indicam que a Modelagem Matemática auxilia na contextualização dos conteúdos, melhora a aprendizagem dos conceitos, incentiva o desenvolvimento de competências investigativas, enriquece a interdisciplinaridade e aumenta a participação ativa dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. A literatura também revisada evidencia, no entanto, os desafios da formação de professores, da organização curricular, da avaliação e da prática da modelagem em diversos contextos educativos. Assim, podemos afirmar que a Modelagem Matemática se revela uma estratégia pedagógica bastante promissora para o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias, pois um conhecimento matemático, aplicações no mundo real e investigação prática. É aconselhável que investigações futuras fortaleçam as evidências empíricas sobre sua eficácia, especialmente por meio de estudos

longitudinais, abordagens de métodos mistos e pesquisas sobre articulação entre modelos e tecnologias digitais.

Palavras-chave: Modelagem Matemática; Equações Diferenciais Ordinárias; Ensino Superior; Educação Matemática; Revisão Integrativa.

ABSTRACT

ODEs (Ordinary Differential Equations) are one of the main mathematical tools for modeling and analyzing phenomena in the Exact Sciences, Engineering, and many other fields of knowledge. However, their teaching is still largely based on analytical methods and algebraic procedures, which has been linked to learning difficulties stemming from the lack of contextualization of concepts and the weak connection between theory and practice. Consequently, Mathematical Modeling can be an approach that significantly enhances learning. The objective of this study was to conduct a critical analysis of the contributions of Mathematical Modeling to the teaching of Ordinary Differential Equations in higher education through an integrative literature review, which was carried out by formulating the research question, searching databases, applying inclusion and exclusion criteria, analyzing the selected studies, and synthesizing the evidence. The results indicate that Mathematical Modeling helps contextualize content, improves the learning of concepts, encourages the development of investigative skills, enriches interdisciplinary approaches, and increases students' active participation in the teaching-learning process. The reviewed literature also highlights, however, the challenges related to teacher training, curriculum design, assessment, and the practice of modeling in various educational contexts. Thus, we can affirm that Mathematical Modeling proves to be a highly promising pedagogical strategy for teaching Ordinary

Differential Equations, as it integrates mathematical knowledge, real-world applications, and practical inquiry. It is advisable that future research strengthen the empirical evidence regarding its effectiveness, especially through longitudinal studies, mixed-methods approaches, and research on the integration of models and digital technologies.

Keywords: Mathematical Modeling; Ordinary Differential Equations; Higher Education; Mathematics Education; Integrative Review.

1. INTRODUÇÃO

Não há outra forma matemática tão fundamental quanto as Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs) para capturar a dinâmica de sistemas nas diversas disciplinas, desde a Engenharia a Física até à Biologia, à Economia e às Ciências Ambientais. Essa habilidade de representar matematicamente processos de mudança que torna o conteúdo essencial na formação de profissionais que atuam em sistemas naturais e tecnológicos. Apesar de sua importância, o ensino de EDOs ainda é caracterizado por uma abordagem majoritariamente processual, centrada na aplicação de técnicas analíticas de resolução e manipulação algébrica de equações – frequentemente desvinculadas das características que as motivam. A literatura aponta esse contexto como um dos motivos para as dificuldades de compreensão dos alunos, principalmente no que diz respeito à interpretação das respostas, à elaboração dos modelos e à relação entre a linguagem matemática e os problemas do cotidiano (Bueno, Ballejo e Viali, 2021).

Estudos na área de Educação Matemática tem indicado que a aprendizagem de conteúdos mais avançados não se baseia unicamente na realização de procedimentos formais, mas também

na habilidade de dar significado aos conceitos, estabelecer conexões entre diversas representações e entender o contexto em que um determinado conhecimento é gerado e utilizado. Quanto às EDOs, tal exigência se torna ainda mais clara: para elaborar um modelo diferencial, é preciso entender como uma especificação se comporta, saber quais variáveis são relevantes e interpretar as suposições que fundamentam a modelagem. Limitar o ensino às técnicas de resolução, portanto, vai contra uma compreensão mais conceitual por parte dos alunos e contra o potencial formativo da disciplina.

É nesse cenário que a Modelagem Matemática vem se consolidando como uma das principais tendências metodológicas da Educação Matemática contemporânea. Diferentemente das abordagens tradicionais, ela propõe organizar o ensino a partir da investigação de situações reais ou de problemas contextualizados, permitindo que os próprios estudantes participem da construção dos modelos, formulem hipóteses, validem resultados e interpretem criticamente as soluções encontradas. A matemática deixa, assim, de ser compreendida apenas como um conjunto de procedimentos formais para se tornar uma linguagem de leitura, representação e análise de fenômenos reais — concepção amplamente discutida na literatura nacional e internacional e associada ao desenvolvimento da autonomia intelectual, da capacidade investigativa e da aprendizagem significativa (Silva e Bueno, 2021).

No campo específico das EDOs, observa-se um crescimento gradual de pesquisas que recorrem à Modelagem Matemática como estratégia didática, com destaque para aplicações envolvendo a Lei de Resfriamento de Newton, o crescimento populacional, a propagação de epidemias, a dinâmica de medicamentos, circuitos

elétricos e outros processos físicos. De modo geral, esses estudos indicam que a contextualização dos conteúdos favorece a compreensão dos conceitos matemáticos, amplia o envolvimento dos estudantes e fortalece a articulação entre teoria e prática. Ainda assim, a produção científica nessa frente permanece dispersa, concentrada em estudos de caso e relatos de experiência, faltando trabalhos que sistematizem criticamente os resultados obtidos, identifiquem tendências de investigação e evidenciem as lacunas ainda existentes (Bueno, Ballejo e Viali, 2021).

Além disso, diferentes abordagens de Modelagem Matemática estão presentes na literatura, cada uma com ênfases que refletem facetas distintas do processo educativo: se, para algumas concepções, a resolução de problemas e a criação de modelos são importantes, para outras, o pensamento crítico, a reflexão sobre os usos sociais da matemática e a formação cidadã se tornam mais relevantes. A riqueza teórica aqui apresenta as potencialidades pedagógicas de modelagem, mas também exige investigações que elucidam de que forma essas ideias foram integradas às pesquisas sobre o ensino de EDOs e quais resultados efetivamente gerados na Educação Superior (Santos, Carneiro e Roncato, 2025).

Diante disto, é pertinente que se faça uma revisão integrativa da literatura que reúne, organize e analise criticamente as evidências produzidas sobre a Modelagem Matemática no ensino de Equações Diferenciais Ordinárias. Esse tipo de trabalho constitui para a consolidação do conhecimento existente, para a identificação de pontos de concordância e discordância entre diferentes abordagens metodológicas, para a indicação de novas orientações para investigações e práticas pedagógicas e ainda pode servir aos docentes na elaboração de estratégias de ensino mais

contextualizadas, investigativas e teoricamente fundamentadas. Com esse intuito, este trabalho se propõe a realizar uma análise crítica das contribuições da Modelagem Matemática para o ensino e a aprendizagem de EDOs no Ensino Superior, observando as tendências de produção científica, os principais referenciais teóricos utilizados, os resultados educacionais observados e as limitações e lacunas que ainda precisam ser investigadas. A propor é, portanto, fornecer uma síntese analítica que, ao reunir e discutir essas evidências, possa fomentar em Educação Matemática e também o aperfeiçoamento das práticas de ensino de EDOs.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. O Ensino de Equações Diferenciais Ordinárias: Desafios Conceituais e Perspectivas Pedagógicas

As Equações Diferenciais Ordinárias ocupam posição central na formação matemática de estudantes de Engenharia, Física, Matemática, Química, Economia e de outras áreas voltadas ao estudo de fenômenos dinâmicos. Sua importância decorre da capacidade de representar processos de variação contínua por meio de relações entre uma função desconhecida e suas derivadas, o que permite modelar desde o crescimento populacional e a propagação de doenças até a transferência de calor, circuitos elétricos, dinâmica de fluidos e sistemas mecânicos.

Apesar dessa relevância científica e profissional, o ensino de EDOs tem sido alvo de críticas recorrentes na literatura especializada. Em boa parte dos cursos superiores, a organização curricular privilegia o domínio de técnicas analíticas de resolução — procedimentos algébricos, classificação das equações, aplicação de métodos

formais —, em detrimento da compreensão dos fenômenos que originam os modelos diferenciais. O resultado é que muitos estudantes conseguem executar algoritmos de resolução sem compreender o significado das soluções obtidas nem sua interpretação no contexto do problema estudado, característica identificada em pesquisas nacionais sobre práticas docentes e materiais didáticos utilizados no ensino superior (Simonetti, Braga e Santos-Wagner, 2022).

Essa predominância tecnicista também se reflete na forma como os livros-texto estruturam o conteúdo: a apresentação das EDOs costuma começar pela classificação das equações, seguir para a exposição dos métodos de resolução e culminar em exercícios padronizados, deixando as aplicações em segundo plano. Tal organização reforça uma visão instrumental da matemática, em que o objetivo central é encontrar uma solução analítica — ainda que desvinculada do fenômeno físico ou social que a originou. Estudos recentes sobre livros didáticos e sobre pesquisas em Educação Matemática mostram que essa estrutura dificulta o desenvolvimento do raciocínio matemático e da capacidade de modelar situações reais (Simonetti, Braga e Santos-Wagner, 2022).

Do ponto de vista da aprendizagem, esse modelo de ensino apresenta limitações importantes, pois resolver uma equação diferencial exige competências que vão além da aplicação de algoritmos. O estudante precisa identificar variáveis relevantes, relacionar grandezas, formular hipóteses, interpretar parâmetros, analisar o comportamento qualitativo das soluções e avaliar a adequação do modelo ao fenômeno investigado — processos cognitivos complexos, nos quais procedimento matemático,

interpretação conceitual e análise contextual se articulam continuamente.

Não por acaso, diversas pesquisas em Educação Matemática identificam como uma das principais dificuldades dos estudantes justamente a de conectar a representação simbólica da equação diferencial ao fenômeno que ela descreve. Com frequência, a equação é percebida apenas como um objeto algébrico, sem significado físico ou aplicado; e, quando isso ocorre, conceitos fundamentais — taxa de variação, condição inicial, estabilidade, comportamento assintótico, interpretação gráfica das soluções — passam a ser compreendidos de forma fragmentada, o que dificulta a construção de conhecimentos mais amplos e transferíveis para outras disciplinas (Lopes e Pacheco, 2023).

Há ainda a fragmentação entre disciplinas de Matemática e disciplinas profissionalizantes. Em muitos currículos universitários, as EDOs são ensinadas antes de os estudantes terem contato com problemas concretos de Engenharia ou das Ciências Naturais, o que reduz as oportunidades de atribuir sentido aos modelos diferenciais e compromete uma das funções mais relevantes das equações diferenciais: servir como linguagem matemática para explicar e prever o comportamento de sistemas reais.

Diante desse quadro, pesquisadores da Educação Matemática vêm defendendo, nas últimas décadas, a necessidade de superar essa perspectiva predominantemente procedimental por meio de metodologias centradas na resolução de problemas, na investigação matemática, na contextualização e na construção de modelos. Entre as abordagens que passaram a integrar o ensino de EDOs estão a resolução de problemas, a aprendizagem baseada em projetos, o

uso de tecnologias computacionais, a experimentação numérica e, de modo particular, a Modelagem Matemática — reconhecida como uma estratégia capaz de aproximar os conceitos matemáticos das situações que lhes conferem significado.

Essa mudança de enfoque implica compreender que aprender EDOs não significa apenas dominar técnicas de resolução, mas desenvolver a capacidade de interpretar fenômenos dinâmicos, construir modelos matemáticos, analisar criticamente hipóteses e validar soluções à luz do contexto investigado. A aprendizagem passa, assim, a envolver não só conhecimentos matemáticos formais, mas também competências investigativas, argumentativas e interpretativas, mais próximas das demandas contemporâneas para a formação científica e profissional. É nesse ponto que a Modelagem Matemática ganha destaque como possibilidade pedagógica: ao partir de problemas contextualizados, ela desloca o foco da simples resolução de equações para a compreensão do processo de construção do conhecimento matemático, favorecendo uma aprendizagem mais significativa, interdisciplinar e crítica. Compreender seus fundamentos teóricos torna-se, portanto, essencial para analisar seu potencial no ensino de EDOs — tema discutido na próxima subseção.

2.2. Modelagem Matemática em Educação Matemática: base teórica e repercussões no ensino de Equações Diferenciais Ordinárias

Nas últimas décadas, a Modelagem Matemática tornou-se um dos mais importantes tópicos na Educação Matemática, resultado da quantidade crescente de pesquisas nessa área e da inclusão dessa abordagem em propostas curriculares e na prática educativa. Apesar

de haver diversas concepções teóricas sobre a natureza e especificamente da modelagem, é bastante conhecido entre estudiosos da área que ela aproxima o saber matemático dos teóricos da realidade, favorecendo uma aprendizagem contextualizada, investigativa e significativa (Jurkiewicz e Fridemann, 2007).

No Brasil, Bassanezi (2023) teve um papel crucial na solidificação da modelagem como estratégia de ensino. Segundo o autor, modelar é investigar: converter questões do mundo real em linguagem matemática, investiga-las através de modelos e, em seguida, reinterpreta-las À luz do contexto original. Bassanezi (2023) destaca que o propósito educativo da modelagem vai além de encontrar respostas matemáticas e se concentrar em cultivar a habilidade de levantar questões, criar hipóteses, conferir resultados e entender criticamente os limites dos modelos modificados — o que muda o foco do aprendizado da aplicação de algoritmos para a construção de significados matemáticos (Cândido, Freitas e Barbosa, 2017).

No mesmo sentido, Biembengut (2016) vê a Modelagem Matemática como um processo metódico de construção do conhecimento, onde se aprende por meio da observação, abstração, matematização, análise e validação. De acordo com o autor, criar modelos requer um curso constante a conhecimentos prévios, o que favoreça a articulação entre diferentes áreas do conhecimento e aproxime a Matemática das demandas reais da formação científica e profissional. Nessa perspectiva, a modelagem transforma-se de uma abordagem simples didática em uma verdadeira investigação científica em miniatura (Alves, 2023).

Barbosa (1999) também amplia a discussão ao introduzir uma visão sociocrítica: para ele, a Modelagem Matemática permite que os alunos avaliem situações importantes sob um ângulo social, discutam os pressupostos dos modelos que desenvolvemos e refletimos sobre as implicações sociais, econômicas e políticas do uso da Matemática. Essa modelagem, portanto, não se limita à aprendizagem de conteúdos matemáticos; ela também é valiosa para a argumentação, para fomentar a autonomia intelectual e para a educação voltada à cidadania (Fonseca, Neto e Campos, 2026).

No panorama mundial, Nis e Blum (2020) foram responsáveis por sistematizar os processos de modelagem, definindo-a como um ciclo de etapas interligadas: compreensão do problema, simplificação da realidade, elaboração do modelo matemático, resolução, interpretação dos resultados e validação frente às características observadas. Essa organização evidencia que o ato de fazer Matemática não se restringe apenas à aplicação de procedimentos formais, mas envolve também processos cognitivos repletos de representação, argumentação e tomada de decisões — o ciclo de modelagem, que figura entre as referências mais utilizadas nas investigações internacionais contemporâneas sobre o ensino e a aprendizagem da Matemática (Henrichsen, Battisti e Nehring, 2026).

Cevikbas, Kaiser e Schukajlow (2022) e seus coautores vão além da afirmação de que competências em modelagem significa possuir habilidades e disposições que capacitam o estudante a entender situações do mundo real, selecionando as matemáticas apreciáveis, ajudamos matemáticas, construímos modelos válidos e avaliamos criticamente os resultados alcançados. Nesse sentido, aprender Matemática é conquistar habilidades que vão além do simples conhecimento técnico dos conteúdos, conectando-os às

necessidades contemporâneas de uma formação científica e profissional (Sánchez-Cardona e Rendón-Mesa, 2023).

Apesar das diferenças conceituais entre esses autores, suas abordagens compartilham princípios comuns. Todas reconhecem que o conhecimento matemático ganha maior significado quando mobilizado para compreender problemas reais; todas defendem a participação ativa do estudante na construção do conhecimento, em lugar de práticas centradas na transmissão de conteúdos; e todas atribuem ao professor o papel de mediador da aprendizagem, responsável por organizar situações que estimulem a formulação de hipóteses, a argumentação e a reflexão crítica.

Esses princípios têm relevância particular para o ensino de EDOs. Tradicionalmente, seu estudo concentra-se na aplicação de métodos de resolução — separação de variáveis, fator integrante, coeficientes indeterminados, transformadas —, muitas vezes desvinculados dos fenômenos físicos, biológicos ou econômicos que justificam sua utilização. Numa perspectiva de Modelagem Matemática, porém, a equação diferencial deixa de ser apenas um objeto algébrico e passa a funcionar como ferramenta para interpretar processos dinâmicos, analisar hipóteses e prever comportamentos de sistemas reais.

Essa mudança traz implicações pedagógicas relevantes. Ao investigar um problema contextualizado — a propagação de uma doença infecciosa, o resfriamento de um corpo, o crescimento de uma população, a descarga de um capacitor —, os estudantes precisam identificar variáveis, relacionar grandezas, justificar simplificações, interpretar parâmetros e avaliar a adequação do modelo construído. Nesse percurso, conceitos centrais das EDOs — taxa de variação, condição inicial, estabilidade, comportamento

assintótico, sensibilidade aos parâmetros — passam a ser compreendidos em estreita relação com o fenômeno estudado, o que favorece uma aprendizagem conceitual mais consistente.

Estudos recentes sobre experiências de Modelagem Matemática no ensino de EDOs convergem quanto ao aumento do engajamento discente, à melhoria na interpretação dos conceitos matemáticos e ao fortalecimento da articulação entre teoria e aplicação. Ao mesmo tempo, apontam desafios importantes: a necessidade de formação específica dos docentes, a reorganização curricular, a ampliação do tempo destinado a atividades investigativas e o desenvolvimento de estratégias de avaliação compatíveis com essa abordagem (Silva e Bueno, 2021).

De qualquer forma, a Modelagem Matemática não pode ser vista apenas como uma proposta metodológica a um ensino tradicional, mas como uma perspectiva epistemológica que transforma o próprio processo de construção do conhecimento matemático. Portanto, ao priorizar uma pesquisa particular, uma modelagem e avaliação crítica dos resultados, ela construiu um alicerce sólido para a superação das dificuldades que sempre foram reconhecidas no ensino de EDOs, ligados a aprendizagem à característica aplicada e interdisciplinar dessa parte da Matemática.

2.3. A Modelagem Matemática Como Uma Abordagem para Ensinar Equações Diferenciais Ordinárias

Integrar a Modelagem Matemática ao ensino de EDOs significa mudar a forma de ensino que sempre se melhora nas disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral e de Equações Diferenciais (Greefrath *et al.*, 2022). Cuidadosamente do ensino tradicional, que valoriza a

classificação das equações e a aplicação de métodos analíticos para solucioná-las, a modelagem coloca em evidência a compreensão dos fatos que dão origem aos modelos matemáticos, centrando-se no processo investigativo e na interpretação das soluções — o que está em sintonia com as atuais discutidas em Educação Matemática, que propõe que o conhecimento seja construído por meio da resolução de problemas contextualizados e pela atuação proativa diferente dos alunos (Silva e Bueno, 2021).

Assim, os estudos existentes mostram resultados consistentes: questões provenientes de contextos físicos, biológicos, ambientais ou tecnológicos favorecem a compreensão dos conceitos diferenciais e ampliam o envolvimento dos estudantes durante as atividades de aprendizagem (Bueno, Ballejo e Viali, 2021).

Um exemplo digno de nota é a pesquisa de Bueno, Ballejo e Viali (2021), que empregou a Lei de Resfriamento de Newton como contexto para ensinar equações diferenciais de variáveis separáveis em curso de Licenciatura em Matemática. Os autores, em vez de seguir o método tradicional, sugeriram que os alunos criassem o modelo matemático a partir de observação direta das características físicas, fazendo estimativas, formulando hipóteses e depois comparando os resultados com o que foi apresentado nos experimentos. O estudo das respostas dos alunos indicou que o processo de modelagem planejado tanto para entender a estrutura da engenharia diferencial quanto para a interpretação das restrições e a identificação das hipóteses que sustentam o modelo (Bueno, Ballejo e Viali, 2021).

Esse resultado reitera uma característica habitual nas investigações sobre modelagem: a aprendizagem é vista como uma construção

de significados, e não como uma simples apropriação de estratégias operatórias. Essa característica é uma forma de investigar o que acontece antes de se chegar à descoberta diferencial que o modelo, permitindo ao aluno entender melhor as interações entre variáveis, as condições iniciais e as limitações dos modelos matemáticos. Resolva-se, então, a investigação, mas já não como o único objetivo da atividade, e sim como parte de um ciclo investigativo maior, na qual a interpretação, a validação e a comunicação dos resultados passam a ser a mesma importância.

Outro ponto que aparece com frequência na literatura é o desenvolvimento de habilidades investigativas. Vários estudos demonstram que tarefas de modelagem mobilizam competências como interpretação, argumentação, tomada de decisões e avaliação crítica das soluções propostas, em contraste a metodologia que se concentram apenas na habilidade mecânica de exercícios (Blum, 2011). Essa observação se alinha com a definição de competência em modelagem prevista por Blum, Kaiser e Nis, que afirma que modelar é entender um problema, escolher informações pertinentes, matematizar a situação, resolver o modelo, interpretar os resultados e verificar se eles são válidos no contexto original (Carreira e Blum, 2021).

Estudos internacionais relacionados aos cursos de Engenharia também apontam resultados positivos da modelagem no que diz respeito à aprendizagem de conteúdos matemáticos avançados. Levantamento de vários desenhos didáticos voltados ao fomento da competência de modelagem em aulas de Engenharia, Durandt, Blum e Lindl (2022) observaram que as propostas que priorizavam a resolução de problemas reais beneficiaram tanto o desempenho dos alunos em tarefas de modelagem quanto suas atitudes em relação à

Matemática na formação profissional. Apesar de o estudo não ter a intenção de se concentrar especificamente nas EDOs, seus achados são altamente relevantes para essa área, visto que muitos dos problemas práticos envolvem processos dinâmicos que são representados por modelos diferenciais (Durandt, Blum e Lindl, 2022).

Além dos ganhos conceituais, a literatura aponta benefícios relacionados à motivação discente. Problemas contextualizados tendem a reduzir a percepção de abstração excessiva costumeiramente associada às EDOs, permitindo que os estudantes compreendam a utilidade dos conceitos matemáticos em situações concretas. Crescimento populacional, propagação de epidemias, resfriamento de corpos, descarga de capacitores, mistura de soluções químicas e dinâmica de sistemas mecânicos são exemplos recorrentes na literatura justamente por evidenciarem relações de dependência temporal descritíveis por equações diferenciais relativamente simples — e por sua proximidade com situações profissionais, o que ajuda a aumentar o interesse dos estudantes e a fortalecer a integração entre conteúdos matemáticos e disciplinas específicas de cada curso (Bueno, Ballejo e Viali, 2021).

A literatura evidencia, porém, limitações importantes para a consolidação da Modelagem Matemática no ensino de EDOs. Uma delas diz respeito à formação docente: muitos professores formaram-se em currículos fortemente orientados pelo formalismo matemático e, por isso, têm pouca experiência com metodologias investigativas. Implementar atividades de modelagem exige planejamento adicional, domínio de conhecimentos interdisciplinares e capacidade de conduzir discussões abertas em

sala de aula — aspectos nem sempre contemplados na formação inicial ou continuada (Silva e Bueno, 2021).

Outro desafio recorrente é a organização curricular. Desenvolver uma atividade de modelagem exige tempo para observar o fenômeno, levantar hipóteses, coletar ou simular dados, construir o modelo, resolvê-lo matematicamente e validar os resultados. Em disciplinas com programas extensos e carga horária reduzida, é comum priorizar a cobertura dos métodos de resolução em detrimento da exploração mais aprofundada dos processos de modelagem — tensão entre profundidade conceitual e extensão curricular que aparece como uma das principais barreiras identificadas pelos estudos analisados (Silva e Bueno, 2021).

Um terceiro aspecto, ainda pouco explorado, refere-se aos procedimentos de avaliação da aprendizagem. A maior parte das pesquisas concentra-se em descrever as atividades desenvolvidas e a percepção dos estudantes sobre a experiência de modelagem, havendo poucos estudos que utilizem instrumentos capazes de mensurar sistematicamente os impactos dessa abordagem sobre a aprendizagem conceitual em EDOs. Também são raros os estudos longitudinais que acompanhem os efeitos da modelagem ao longo da formação acadêmica, o que limita a compreensão de seus resultados em médio e longo prazo.

Em síntese, a literatura permite afirmar que a Modelagem Matemática tem potencial consistente para qualificar o ensino de EDOs, ao favorecer a contextualização dos conteúdos, a construção de significados, o desenvolvimento de competências investigativas e a aproximação entre Matemática e fenômenos reais. Sua consolidação, no entanto, ainda depende de superar desafios ligados

à formação docente, à reorganização curricular e ao desenvolvimento de estratégias de avaliação compatíveis com a natureza investigativa da modelagem — o que reforça a necessidade de ampliar pesquisas que articulem diferentes referenciais teóricos, metodologias de ensino e evidências empíricas, contribuindo para uma compreensão mais abrangente do papel da Modelagem Matemática na aprendizagem das EDOs.

3. METODOLOGIA

Este estudo tem natureza qualitativa e foi desenvolvido por meio de uma Revisão Integrativa da Literatura — modalidade que permite reunir, analisar criticamente e sintetizar resultados de pesquisas conduzidas com diferentes delineamentos metodológicos, contribuindo para a compreensão abrangente de um fenômeno e para a identificação de lacunas que orientem investigações futuras. Diferentemente das revisões estritamente narrativas, a revisão integrativa pressupõe um processo sistemático de busca, seleção, avaliação e interpretação das evidências disponíveis, conferindo maior rigor metodológico à construção do conhecimento (Whittemore e Knaf, 2005).

A condução da pesquisa seguiu a metodologia de revisão integrativa proposta por Whittemore e Knaf (2005), com apoio também nas orientações operacionais de Souza, Silva e Carvalho (2010). O processo compreendeu seis etapas: (i) definição do problema de pesquisa; (ii) estabelecimento da estratégia de busca; (iii) seleção dos estudos; (iv) extração e organização dos dados; (v) análise e síntese das evidências; e (vi) apresentação dos resultados.

A pergunta que norteou a revisão foi: quais evidências científicas têm sido produzidas acerca das contribuições da Modelagem Matemática para o ensino e a aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias no Ensino Superior?

A busca bibliográfica foi planejada para contemplar publicações nacionais e internacionais indexadas em bases reconhecidas pela comunidade científica, com prioridade para periódicos revisados por pares. Foram consultadas as bases Scopus, Web of Science, SciELO, ERIC e Portal de Periódicos CAPES, além do Google Scholar, utilizado como ferramenta complementar para localizar estudos eventualmente não indexados nas demais bases.

Os termos, em português e inglês, foram interligados com os operadores booleanos AND e OR, para aumentar a sensibilidade da busca e evitar a perda de estudos que poderiam ser relevantes. Entre os mais estão:

- “Modelagem Matemática” AND “Equações Diferenciais Ordinárias”;
- “Modelagem Matemática” AND “Ensino Superior”;
- “Mathematical Modeling” AND “Ordinary Differential Equations”;
- “Mathematical Modeling” AND “Differential Equations Education”;
- “Mathematics Education” AND “Ordinary Differential Equations”.

A estratégia de busca foi moldada de acordo com as particularidades de cada base de dados, levando em consideração sua sintaxe e seus métodos de indexação.

Para garantir a pertinência do corpus analisado, foram definidos previamente critérios de inclusão e exclusão. Foram incluídos artigos científicos publicados em periódicos revisados por pares, disponíveis em texto completo, redigidos em português, inglês ou espanhol, que abordassem a Modelagem Matemática como estratégia de ensino de EDOs ou discutissem sua aplicação no contexto da Educação Matemática e da formação superior. Foram excluídos estudos cujo foco estivesse restrito ao desenvolvimento de métodos analíticos ou numéricos para resolução de EDOs sem relação com processos de ensino e aprendizagem, trabalhos duplicados entre as bases consultadas, resumos publicados em anais de eventos, capítulos de livros, dissertações, teses, editoriais e estudos cujo texto completo não estivesse disponível para análise.

Após a identificação dos registros, realizou-se uma triagem inicial a partir da leitura de títulos, resumos e palavras-chave; em seguida, os estudos potencialmente elegíveis foram lidos na íntegra para verificar o atendimento aos critérios estabelecidos. A extração dos dados seguiu um protocolo elaborado especificamente para esta pesquisa, contemplando autoria, ano de publicação, país de realização do estudo, objetivo, contexto educacional, delineamento metodológico, referenciais teóricos adotados, estratégias de Modelagem Matemática empregadas, principais resultados e limitações apontadas pelos autores.

A análise dos estudos fundamentou-se na técnica de análise temática, que permitiu agrupar resultados convergentes e

divergentes em categorias interpretativas, favorecendo uma leitura comparativa das evidências — em vez de descrições isoladas de cada estudo — e possibilitando construir uma síntese crítica sobre o estado atual da produção científica referente ao uso da Modelagem Matemática no ensino de EDOs.

Com base nesse processo, os estudos foram organizados em cinco categorias temáticas: (i) modelagem como estratégia de contextualização das EDOs; (ii) contribuições para a aprendizagem conceitual; (iii) desenvolvimento de competências investigativas; (iv) integração entre Modelagem Matemática e tecnologias digitais; e (v) desafios e perspectivas para a implementação da modelagem no Ensino Superior. Essa organização permitiu identificar padrões, recorrências, limitações metodológicas e lacunas de investigação, constituindo o eixo estruturante da discussão apresentada na seção seguinte.

Por se tratar de uma pesquisa fundamentada exclusivamente em documentos de domínio público e de livre acesso, sem envolvimento direto de seres humanos, este estudo não demandou apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa, em conformidade com a regulamentação brasileira aplicável às pesquisas bibliográficas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Panorama da Produção Científica Sobre Modelagem Matemática no Ensino de Equações Diferenciais Ordinárias

A literatura analisada mostra que a produção científica sobre o uso da Modelagem Matemática no ensino de EDOs cresceu gradualmente nas últimas duas décadas, impulsionada pela expansão das pesquisas em Educação Matemática e pela busca de

metodologias capazes de favorecer aprendizagens mais significativas em disciplinas de elevada complexidade conceitual. O número de publicações ainda é relativamente reduzido em comparação a outros temas da área, mas o interesse por abordagens que integrem conteúdos matemáticos, contextos reais e práticas investigativas vem aumentando de forma progressiva.

Os estudos identificados concentram-se, sobretudo, em cursos de Engenharia, Licenciatura em Matemática e Física, o que reflete a importância das EDOs nesses campos de formação. Em menor proporção, foram também localizadas pesquisas em Química, Ciências Biológicas e áreas afins, evidenciando o caráter interdisciplinar das equações diferenciais como ferramenta de descrição de fenômenos naturais.

Quanto ao delineamento metodológico, predominam pesquisas qualitativas, estudos de caso, pesquisas de intervenção e relatos de experiência pedagógica; são menos frequentes investigações quantitativas ou de métodos mistos, assim como estudos longitudinais que acompanhem a evolução da aprendizagem ao longo da formação acadêmica. Essa predominância qualitativa revela o interesse dos pesquisadores em compreender processos de aprendizagem e interações estabelecidas durante as atividades de modelagem, ainda que limite a produção de evidências comparativas sobre a eficácia da metodologia.

Entre os contextos mais recorrentes nas atividades de modelagem estão a Lei de Resfriamento de Newton, modelos de crescimento populacional, propagação de epidemias, mistura de substâncias, circuitos elétricos, decaimento radioativo e dinâmica de medicamentos — fenômenos cujo comportamento temporal se

presta à representação por EDOs, favorecendo a articulação entre conceitos matemáticos e problemas de natureza científica ou tecnológica.

A organização dos estudos permitiu identificar cinco categorias temáticas que sintetizam as principais contribuições da literatura: (i) contextualização dos conceitos de EDOs; (ii) aprendizagem conceitual; (iii) desenvolvimento de competências investigativas; (iv) integração da modelagem com tecnologias digitais; e (v) desafios para a implementação da Modelagem Matemática no Ensino Superior. As subseções seguintes discutem cada uma delas.

4.2. A Modelagem Matemática Como Estratégia de Contextualização das Equações Diferenciais Ordinárias

Uma das evidências mais consistentes da literatura diz respeito ao potencial da Modelagem Matemática para contextualizar os conteúdos relacionados às EDOs. Em contraste com abordagens centradas na exposição de definições e técnicas algébricas, as propostas fundamentadas na modelagem partem da análise de um fenômeno cuja dinâmica pode ser descrita matematicamente. Essa inversão favorece a construção de significados, pois permite que os estudantes compreendam a origem das equações diferenciais e reconheçam sua função como instrumento de representação da realidade.

Os estudos analisados convergem ao mostrar que formular o modelo matemático é uma etapa essencial da aprendizagem. Nesse processo, os estudantes precisam identificar variáveis, relacionar grandezas, formular hipóteses simplificadoras e justificar as escolhas realizadas; a formalização da equação diferencial deixa de ser um

procedimento mecânico para se tornar consequência de uma investigação sobre o comportamento do fenômeno estudado.

Essa reorganização do ensino aproxima-se da concepção de Bassanezi, para quem a Matemática deve ser compreendida como linguagem capaz de interpretar e explicar situações reais. Sob essa perspectiva, aprender EDOs passa a envolver não apenas a resolução de equações, mas também a compreensão das hipóteses que sustentam os modelos, de suas limitações e das condições em que podem ser aplicados.

A literatura também aponta o fortalecimento da interdisciplinaridade como efeito recorrente dessa abordagem: ao mobilizar conhecimentos da Física, da Biologia, da Química ou da Engenharia, as atividades de modelagem ajudam a reduzir a fragmentação curricular e a integrar disciplinas com frequência tratadas de forma isolada — o que amplia as possibilidades de transferência do conhecimento matemático para situações profissionais futuras. Some-se a isso o efeito sobre o engajamento: problemas ligados a situações concretas despertam maior interesse e estimulam a participação ativa nas atividades investigativas, reduzindo a percepção de que as EDOs constituem um conteúdo excessivamente abstrato ou desvinculado da realidade profissional.

4.3. Esportes de Aprendizagem Conceitual

Não é apenas na motivação que a Modelagem Matemática traga benefícios, mas também na compreensão efetiva dos conceitos centrais das EDOs. Segundo os estudos revisados, conceitos como taxa de variação, condição inicial, solução particular,

comportamento assintótico e estabilidade são mais bem compreendidos quando se parte da análise de preferências reais.

Isso se deve ao fato de que modelar é um processo que requer articulação constante entre diferentes representações matemáticas: os alunos e vêm entre linguagem verbal, tabelas, gráficos, representações físicas, criando ligações que evidentemente surgiriam em metodologias centradas apenas na resolução de exercícios.

É interessante notar também como o papel dos parâmetros que aparecem nas equações diferenciais se transformam. Em uma abordagem tradicional, eles são vistos apenas como constantes; em modelagem, tornam-se características particulares do treinamento, o que possibilita aos alunos entender o que representam fisicamente e observar como pequenas variações podem afetar o comportamento das soluções. Em uma abordagem de aprendizagem significativa, esse processo ajuda a formar estruturas conceituais mais rigorosas, uma vez que os novos conhecimentos se conectam a experiências que já foram entendidas e contextualizadas.

4.4. Desenvolvimento de Competências Investigativas por Meio da Modelagem Matemática

Um dos aspectos mais recorrentes na literatura analisada é o potencial da Modelagem Matemática para desenvolver competências que vão além do domínio dos conteúdos específicos das EDOs. Embora a aprendizagem conceitual permaneça um objetivo central das propostas investigadas, os processos de modelagem favorecem, simultaneamente, a construção de

habilidades ligadas à investigação científica, à argumentação matemática, à tomada de decisões e à validação de modelos — competências essenciais para profissionais que atuarão em contextos de elevada complexidade e necessidade de resolução de problemas.

Essa constatação decorre da própria natureza da Modelagem Matemática. Diferentemente das atividades convencionais, em que os estudantes recebem problemas previamente estruturados e resolvem equações seguindo procedimentos estabelecidos, a modelagem pressupõe analisar situações abertas, em que nem todas as informações necessárias estão explicitamente disponíveis. Nesses contextos, torna-se indispensável selecionar variáveis relevantes, estabelecer hipóteses simplificadoras, justificar escolhas metodológicas e avaliar criticamente os resultados produzidos.

A construção do conhecimento matemático aproxima-se, assim, do modo como a Matemática é utilizada em ambientes científicos e profissionais: o estudante deixa de ocupar uma posição predominantemente receptiva e passa a atuar como investigador, formulando perguntas, analisando evidências e revendo continuamente o modelo elaborado à medida que novas informações são incorporadas ao processo — movimento que favorece o raciocínio matemático, a autonomia intelectual e a capacidade de argumentar com base em evidências.

Outro aspecto frequentemente mencionado nos estudos é o fortalecimento da comunicação científica. Como as atividades de modelagem costumam ser desenvolvidas em grupo, os participantes precisam discutir hipóteses, defender interpretações e justificar as decisões adotadas durante a construção dos modelos,

ampliando as oportunidades de negociação de significados e contribuindo para o desenvolvimento da linguagem matemática como instrumento de comunicação e produção de conhecimento.

A literatura evidencia, ainda, que a Modelagem Matemática favorece a competência de validação. Em diversas experiências analisadas, os estudantes são incentivados a comparar os resultados obtidos com dados observados ou com o comportamento esperado do fenômeno investigado, identificando inconsistências, revendo pressupostos e propondo aperfeiçoamentos para os modelos construídos — etapa que diferencia essas propostas das abordagens tradicionais, nas quais a resolução da equação costuma marcar o encerramento da atividade didática.

Observa-se, além disso, que a modelagem estimula processos metacognitivos, pois os estudantes precisam refletir continuamente sobre as estratégias empregadas, reconhecer limitações de seus modelos e avaliar a adequação das soluções encontradas. Esse exercício de reflexão favorece a aprendizagem autorregulada e amplia a capacidade de transferir conhecimentos para novos contextos — aspecto particularmente relevante na formação de futuros professores de Matemática e de profissionais das áreas tecnológicas.

Nem por isso o desenvolvimento dessas competências é automático: a literatura mostra que ele depende de como as atividades são planejadas e conduzidas. Propostas excessivamente dirigidas tendem a reduzir a participação ativa dos estudantes e a limitar as oportunidades de investigação; situações demasiadamente abertas, por outro lado, podem gerar insegurança, sobretudo entre estudantes pouco familiarizados com metodologias

investigativas. Esse equilíbrio delicado confirma que o papel do professor permanece fundamental para organizar ambientes de aprendizagem capazes de conciliar autonomia discente e mediação pedagógica.

Em conjunto, os estudos analisados permitem afirmar que a Modelagem Matemática amplia significativamente o escopo formativo das disciplinas de EDOs: além de favorecer a compreensão dos conceitos matemáticos, contribui para o desenvolvimento de competências investigativas, comunicativas e reflexivas, aproximando o processo de ensino das demandas contemporâneas da formação científica e profissional.

4.5. Desafios para a Implementação da Modelagem Matemática no Ensino de Equações Diferenciais Ordinárias

Apesar das evidências favoráveis identificadas na literatura, a implementação da Modelagem Matemática no ensino de EDOs ainda enfrenta desafios que limitam sua consolidação como prática pedagógica recorrente no Ensino Superior. Esses desafios não decorrem apenas das características da metodologia, mas também de fatores institucionais, curriculares, pedagógicos e formativos que influenciam diretamente as condições de trabalho docente e a organização do ensino.

Entre os aspectos mais apontados pelos estudos está a formação inicial e continuada dos professores. Muitos docentes responsáveis pelas disciplinas de EDOs construíram sua trajetória acadêmica em currículos fortemente orientados pelo formalismo matemático, nos quais predominavam a demonstração teórica e a resolução analítica de problemas — e, por isso, nem sempre têm experiência prévia

com metodologias investigativas ou com o planejamento de atividades de Modelagem Matemática.

Outro fator recorrente é o próprio currículo dos cursos superiores. Em diversas instituições, as disciplinas de EDOs têm carga horária reduzida diante da extensão dos conteúdos programáticos, o que favorece estratégias de ensino voltadas à cobertura do programa e restringe o tempo disponível para atividades investigativas, discussões coletivas e validação dos modelos construídos pelos estudantes.

A literatura também evidencia dificuldades relacionadas aos processos de avaliação da aprendizagem. Os instrumentos tradicionalmente usados nas disciplinas de Matemática — provas individuais e exercícios algorítmicos — nem sempre conseguem captar competências desenvolvidas durante atividades de modelagem, como argumentação, interpretação de resultados, construção de hipóteses e validação de modelos. Essa incompatibilidade entre metodologia de ensino e procedimentos avaliativos é uma das principais barreiras à adoção mais ampla da Modelagem Matemática.

Somam-se a isso as condições materiais e tecnológicas das instituições de ensino. Embora muitas experiências de modelagem possam ser realizadas sem recursos computacionais sofisticados, o uso de softwares de simulação, ambientes de programação e ferramentas de visualização gráfica amplia significativamente as possibilidades de explorar fenômenos dinâmicos; a falta desses recursos, ou de formação específica para utilizá-los, limita o potencial pedagógico das atividades.

Há, por fim, desafios relacionados aos próprios estudantes. Em contextos marcados por uma cultura de ensino baseada na reprodução de procedimentos, metodologias investigativas podem inicialmente gerar resistência, insegurança e dificuldades de adaptação, já que formular hipóteses, justificar decisões e lidar com problemas abertos exige uma postura mais ativa — nem sempre compatível com as expectativas construídas ao longo da trajetória escolar. Esses resultados, em conjunto, indicam que consolidar a Modelagem Matemática no ensino de EDOs depende de ações que ultrapassem a iniciativa individual dos docentes, exigindo articulação entre políticas institucionais, reorganização curricular, investimento em formação continuada e desenvolvimento de estratégias de avaliação coerentes com os objetivos educacionais da modelagem.

4.6. Trabalhos Futuros

Essa revisão crítica da literatura revela que, embora a Modelagem Matemática tenha sido apontada como uma estratégia possível para o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs), ainda não se dispõe de estratégia suficientes para garantir um entendimento mais sólido sobre sua eficácia no processo de ensino. Há muitos estudos quantitativos, com amostras pequenas e em contextos específicos, o que reforça a necessidade de pesquisas de abordagem mista, qualitativa e quantitativa, que possam avaliar de forma mais abrangente os efeitos dessa estratégia na compreensão dos conceitos das EDOs.

Faltam, ainda, estudos longitudinais, uma vez que a maioria das investigações se limita a uma única disciplina ou semestre, o que impede a avaliação das consequências da modelagem ao longo do

tempo. É premente que se faça um novo levantamento sobre a formação inicial e continuada de docentes, pois a falta de um ensino específico é um dos principais obstáculos à implementação da Modelagem Matemática na rotina escolar.

Existe um grande campo e ainda não explorado entre a Modelagem Matemática e as tecnologias digitais. Embora seja viável, com o suporte de softwares e ambientes computacionais como Python, MATLAB, GeoGebra e Jupyter Notebook, criar diversas representações, simulações e análises de sistemas que são modelados por EDOs, não foram encontrados estudos que discutam como esses recursos podem realmente ser aplicados à aprendizagem conceitual e não apenas servir como um suporte técnico.

Não há uma avaliação comentada: a maioria das pesquisas se concentra em descrever as ações e ouvir os participantes, mas sem desenvolver instrumentos válidos e confiáveis para avaliar habilidades como a interpretação de modelos, a argumentação matemática e a transferência de conhecimento. Também é evidente que há uma concentração investigativa nos cursos de Engenharia e Licenciatura em Matemática, ao passo que em áreas como Economia, Ciências Biológicas e Ciências Ambientais, as pesquisas são raras.

O avanço das pesquisas, portanto, não diz respeito apenas à realização de novos trabalhos, mas também ao aprimoramento dos delineamentos metodológicos, à proposição de referenciais comuns para a avaliação das contribuições e à articulação entre diferentes correntes teóricas. Tudo isso proporciona à Modelagem Matemática uma base sólida para enfrentar os desafios atuais do ensino de EDOs

no Ensino Superior. Uma Modelagem Matemática robusta e adequada às exigências atuais do ensino de EDOs na Educação Superior.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo analisar criticamente as contribuições da Modelagem Matemática para o ensino e a aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias no Ensino Superior, tomando como referência a produção científica disponível na área da Educação Matemática. A revisão realizada mostrou que a Modelagem Matemática vem se consolidando como uma abordagem capaz de promover uma compreensão mais ampla dos conceitos relacionados às EDOs, favorecendo a articulação entre teoria e prática e aproximando os conteúdos matemáticos dos fenômenos que lhes conferem significado.

Os estudos analisados convergem ao indicar que o uso de problemas contextualizados modifica a dinâmica tradicional do ensino de EDOs, deslocando o foco da simples aplicação de técnicas de resolução para a investigação de situações reais, a construção de modelos, a interpretação de resultados e a validação das soluções obtidas. Essa reorganização metodológica contribui para aprendizagens mais consistentes, na medida em que permite aos estudantes compreender não apenas os procedimentos matemáticos envolvidos, mas também os pressupostos, as limitações e o alcance dos modelos utilizados para representar diferentes fenômenos.

Além dos ganhos na aprendizagem conceitual, a literatura mostra que a Modelagem Matemática favorece o desenvolvimento de

competências investigativas, argumentativas e comunicativas — essenciais à formação de profissionais capazes de atuar em contextos marcados pela complexidade e pela necessidade de resolução de problemas. A participação ativa dos estudantes na formulação de hipóteses, na seleção de variáveis, na análise de dados e na interpretação dos resultados aproxima o ensino da natureza investigativa da atividade científica, contribuindo para uma formação mais crítica, reflexiva e interdisciplinar.

A revisão também revelou, contudo, que a consolidação dessa abordagem ainda enfrenta desafios importantes: a predominância de currículos orientados por perspectivas procedimentais, a formação docente ainda limitada para o desenvolvimento de atividades de modelagem, a insuficiência de instrumentos de avaliação compatíveis com metodologias investigativas e as restrições de tempo impostas pela organização curricular de muitos cursos superiores. Esses aspectos deixam claro que adotar a Modelagem Matemática depende não só da iniciativa individual dos professores, mas também de políticas institucionais que favoreçam inovação pedagógica, formação continuada e reorganização dos processos de ensino e aprendizagem.

Identificou-se, ainda, a necessidade de fortalecer a produção científica na área. Apesar das contribuições relevantes já produzidas, predominam estudos qualitativos desenvolvidos em contextos específicos e com amostras reduzidas; permanecem escassas as pesquisas longitudinais, os estudos de métodos mistos e as investigações comparativas capazes de avaliar, com maior robustez metodológica, os impactos da Modelagem Matemática sobre diferentes dimensões da aprendizagem em EDOs.

À luz das evidências analisadas, considera-se que a Modelagem Matemática constitui uma perspectiva pedagógica consistente para o ensino de EDOs, sobretudo por favorecer a integração entre conhecimentos matemáticos, contextos de aplicação e processos investigativos. Sua contribuição ultrapassa a aprendizagem de técnicas de resolução, alcançando a formação de competências necessárias à compreensão de sistemas dinâmicos e à utilização crítica da Matemática na interpretação da realidade.

Como limitação deste estudo, destaca-se a dependência das publicações disponíveis nas bases de dados selecionadas e dos critérios de inclusão estabelecidos para a revisão, o que pode ter restringido a incorporação de outras produções relevantes, especialmente literatura cinzenta e pesquisas publicadas em idiomas não contemplados. Ainda assim, a revisão oferece uma síntese crítica do estado atual do conhecimento e evidencia tendências que podem orientar tanto futuras investigações quanto práticas pedagógicas no Ensino Superior.

Recomenda-se, por fim, que pesquisas futuras ampliem a diversidade dos contextos investigados, desenvolvam estudos longitudinais sobre os efeitos da Modelagem Matemática na aprendizagem de EDOs, aprofundem a integração entre modelagem e tecnologias digitais e proponham instrumentos de avaliação capazes de contemplar competências investigativas, interpretativas e argumentativas. Essas iniciativas poderão contribuir para consolidar um corpo de evidências mais robusto e favorecer a implementação de práticas pedagógicas fundamentadas em princípios que articulem rigor matemático, contextualização e formação crítica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, C. A. Modelagem na Educação Matemática: da formação docente à sala de aula. **Intermaths - Revista de Matemática Aplicada e Interdisciplinar**, v. 4, n. 1, p. 135–145, Junho 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.22481/intermaths.v4i1.11442>.

BARBOSA, J. C. O que pensam os professores sobre a Modelagem Matemática? **ZETETIKE- CEMPEM- FE/UNICAMP**, v. 7, n. 11, p. 67-86, Maio 1999. DOI: 10.20396/zet.v7i11.8646835.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-Aprendizagem com Modelagem Matemática**. 4ª. ed. São Paulo: Contexto, 2ª reimpressão, 2023. 389 p. ISBN 978-85-7244-207-7.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem na Educação Matemática e na Ciência**. São Paulo: Livraria da Física, 2016. 367 p. ISBN 978-85-7861-401-0. Acesso em: 25 abril 2025.

BLUM, W. Can modelling be taught and learnt? Some answers from empirical research. **Trends in teaching and learning of mathematical modelling: ICTMA14**, v. 1, p. 15–30, June 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-007-0910-2_3.

BUENO, R. W. D. S.; BALLEJO, C. C.; VIALI, L. Equações diferenciais ordinárias, Newton e o bolo de chocolate: Modelagem Matemática na Educação. **TRANGRAM - Revista de Educação Matemática**, v. 4, n. 2, p. 30-58, Julho 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.30612/tangram.v4i2.10566>.

CÂNDIDO, J. P.; FREITAS, S. L.; BARBOSA, C. M. Modelagem matemática na educação básica. **emd - Ensino da matemática e**

Debate, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 1-8, Dezembro 2017. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emd/article/view/33876>.

CARREIRA, S.; BLUM, W. Modelação matemática no ensino e aprendizagem da matemática: Parte 2. **QUADRANTE - Revista de Investigação em Educação Matemática**, v. 30, n. 2, p. 1-8, Dezembro 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.48489/quadrante.26132>>.

CEVIKBAS, M.; KAISER, G.; SCHUKAJLOW, S. A systematic literature review of the current discussion on mathematical modelling competencies: state-of-the-art developments in conceptualizing, measuring, and fostering. **Educational Studies in Mathematics**, v. 109, p. 205-236, February 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10104-6>.

DURANDT, R.; BLUM, W.; LINDL, A. Fostering mathematical modelling competency of South African engineering students: which influence does the teaching design have? **Educational Studies in Mathematics**, v. 109, n. 2, p. 361–381, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10068-7>.

FONSECA, L. P. D.; NETO, J. F. D. S.; CAMPOS, J. R. T. D. Modelagem Matemática na Educação Básica na Perspectiva da Educação Matemática crítica: Breve Revisão da literatura. **JNT - Facit Business and Technology Journal**, v. 1, n. 73, p. 448-463, Abril 2026. DOI: 10.5281/zenodo.19555732.

GREEFRATH, G. et al. Pre-service secondary teachers' pedagogical content knowledge for the teaching of mathematical modelling. **Educational Studies in Mathematics**, v. 109, p. 383-407, February 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10038-z>.

HENRICHSEN, L.; BATTISTI, I. K.; NEHRING, C. M. A Modelagem Matemática e a Teoria da Atividade: compreensões a partir de uma revisão bibliográfica. **REVISTA CADERNO PEDAGÓGICO – Studies Publicações e Editora Ltda**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 1-32, Janeiro 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.54033/cadpedv23n1-052>.

JURKIEWICZ, S.; FRIDEMANN, C. V. P. Modelagem matemática na escola e na formação do professor. **ZETETIKÉ - Revista de Educação Matemática**, Campinas, SP, v. 15, n. 2, p. 11-26, Dezembro 2007. DOI: 10.20396/zet.v15i28.8647024.

LOPES, A.; PACHECO, J. V. P. Panorama das pesquisas brasileiras em modelagem matemática no ensino superior pela perspectiva da educação matemática crítica. **ALEXANDRIA: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 16, n. 2, p. 181-212, Novembro 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2023.e91386>.

NIS, M.; BLUM, W. The Learning and Teaching of Mathematical Modelling. **Routledge - Taylor & Francis Group**, London, n. 1, p. 208, January 2020. ISSN 9781315189314. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9781315189314>.

SÁNCHEZ-CARDONA, J.; RENDÓN-MESA, P. A. Evaluación en modelación en educación matemática: una revisión crítica de literatura. **Uni-Pluriversidad**, v. 23, n. 1-2, p. 1-16, Dezembro 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.344721>.

SANTOS, J. K. S. D.; CARNEIRO, D. V. D. S.; RONCATO, C. R. Uso(s) da Modelagem Matemática na formação inicial de professores para uma Educação Matemática Crítica. **TANGRAM - Revista de**

Educação Matemática, v. 8, n. 1, p. e025038, Setembro 2025.
Disponível em: <https://doi.org/10.30612/tangram.v8i1.19584>.

SILVA, M. N.; BUENO, S. Modelagem na educação matemática: contribuições da teoria a prática. **TANGRAM - Revista de Educação Matemática**, v. 4, n. 4, p. 114-138, Dezembro 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.30612/tangram.v4i4.12243>.

SIMONETTI, H. L.; BRAGA, N. H.; SANTOS-WAGNER, V. M. P. D. Ensino Remoto Emergencial: Uma experiência no ensino de Cálculo. **TANGRAM-Revista de Educação Matemática**, v. 5, n. 1, p. 206-222, Março 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.30612/tangram.v5i1.13819>.

SOUZA, M. T. D.; SILVA, M. D. D.; CARVALHO, R. D. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **einstein**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW1134>.

WHITTEMORE, R.; KNAF, K. The integrative review: updated methodology. **Journal of Advanced Nursing**, v. 52, n. 5, p. 546-553, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x>.