

ENSINO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

TEACHING ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS: A BIBLIOGRAPHICAL STUDY

ENSEÑANZA DE ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS: UN ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO

Odair José Teixeira da Fonseca*  

Maria Madalena Dullius**  

RESUMO

Neste trabalho, apresentamos um estudo bibliográfico do tipo estado da arte, com o objetivo de mapear as produções científicas sobre ensino de equações diferenciais ordinárias, desenvolvidas nos Programas de Pós-Graduação, bem como nos artigos publicados em periódicos científicos. Como instrumento de busca, foram utilizadas as ferramentas de pesquisas do Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) e o Portal de Periódicos da Capes para artigos científicos. A coleta de dados ocorreu por meio da leitura sistemática dos trabalhos encontrados durante a busca junto aos repositórios supracitados. Nesse processo, foram inicialmente identificados 56 artigos, 3 teses e 10 dissertações; após a triagem, 14 artigos, 2 teses e 9 dissertações compuseram a amostra analisada. Os resultados da presente pesquisa indicam que existe pouca discussão sobre a temática em epígrafe. A maioria dos trabalhos analisados aponta para o ensino de equações diferenciais ordinárias de primeira ordem, com abordagem interpretativa por meio da modelagem matemática, bem como resolução de problemas e situações-problema. Contudo, percebe-se a utilização dos modelos clássicos de crescimento populacional propostos por Malthus e Verhulst, bem como de modelos aplicados à física. O que sugere pouca variedade de contextualização, como aplicações a um problema específico de engenharia, por exemplo. Outro aspecto evidenciado nos trabalhos analisados é o foco nas soluções gráficas e numéricas de equações diferenciais ordinárias de primeira ordem, com o auxílio de recursos computacionais.

Palavras-chave: Ensino. Estudo Bibliográfico. Equações Diferenciais Ordinárias. Estado da Arte.

ABSTRACT

In this paper, we present a state-of-the-art bibliographic study aimed at mapping scientific productions on the teaching of ordinary differential equations developed in Graduate Programs, as well as articles

*Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas na Universidade do Vale do Taquari (Univates). Docente da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Ariquemes, Rondônia, Brasil. Atualmente está atuando em Cooperação Técnica com a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Sinop, Mato Grosso, Brasil. Endereço para correspondência: Av. Alexandre Ferronato, 1200, bloco 5, sala 7, Res. Cidade Jardim, Sinop, MT, CEP: 78550-728 E-mail: odairjosefon@hotmail.com.

**Doutora em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade de Burgos-Espanha (UBU). Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas e do Programa de Pós-Graduação em Ensino na Universidade do Vale do Taquari (Univates), Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil. Endereço para correspondência: Av. Avelino Talini, 171, prédio 2, sala 330, Bairro Universitário, Lajeado, RS, CEP: 95914-014 E-mail: madalena@univates.br.

published in scientific journals. The search tools used were the Catalog of Theses and Dissertations from CAPES, the Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD), and the CAPES Journal Portal for scientific articles. Data collection was conducted through the systematic reading of the works found during the search in the aforementioned repositories. In this process, 56 articles, 3 theses, and 10 dissertations were initially identified; after screening, 14 articles, 2 theses, and 9 dissertations comprised the analyzed sample. The results of this research indicate that there is little discussion on the subject in question. Most of the analyzed works point to the teaching of first-order ordinary differential equations, with an interpretive approach through mathematical modeling, as well as problem-solving and problem-based situations. However, the use of classical population growth models proposed by Malthus and Verhulst is noted, as well as models applied to physics. This suggests little variety in contextualization, such as applications to a specific engineering problem, for example. Another aspect highlighted in the analyzed works is the focus on graphical and numerical solutions of first-order ordinary differential equations with the aid of computational resources.

Keywords: Teaching. Bibliographic Study. Ordinary Differential Equations. State-of-the-Art.

RESUMEN

En este trabajo, presentamos un estudio bibliográfico del tipo estado del arte, con el objetivo de mapear las producciones científicas sobre la enseñanza de ecuaciones diferenciales ordinarias, desarrolladas en los Programas de Posgrado, así como en los artículos publicados en periódicos científicos. Como instrumento de búsqueda, se utilizaron las herramientas de investigación del Catálogo de Tesis y Disertaciones de CAPES, de la Biblioteca Digital de Tesis y Disertaciones (BDTD) y el Portal de Periódicos de Capes para artículos científicos. La recolección de datos ocurrió por medio de la lectura sistemática de los trabajos encontrados durante la búsqueda en los repositorios antes mencionados. En este proceso, se identificaron inicialmente 56 artículos, 3 tesis y 10 disertaciones; después del tamizado, 14 artículos, 2 tesis y 9 disertaciones compusieron la muestra analizada. Los resultados de la presente investigación indican que existe poca discusión sobre la temática en epígrafe. La mayoría de los trabajos analizados apuntan hacia la enseñanza de ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, con un enfoque interpretativo por medio del modelado matemático, así como la resolución de problemas y situaciones problema. Sin embargo, se percibe la utilización de los modelos clásicos de crecimiento poblacional propuestos por Malthus y Verhulst, así como de modelos aplicados a la física. Lo que sugiere poca variedad de contextualización, como aplicaciones a un problema específico de ingeniería, por ejemplo. Otro aspecto evidenciado en los trabajos analizados es el enfoque en las soluciones gráficas y numéricas de ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, con la ayuda de recursos computacionales.

Palabras clave: Enseñanza, Estudio Bibliográfico. Ecuaciones Diferenciales Ordinarias. Estado del Arte.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de equações diferenciais ordinárias normalmente faz parte do currículo de diversos cursos de graduação, como Engenharias, Matemática, Física, Economia, entre outros. A teoria das equações diferenciais ordinárias está relacionada a problemas que envolvem taxas de variação instantâneas. Essencialmente, as equações diferenciais são ferramentas importantes para descrever fenômenos dinâmicos, que evoluem com o tempo, permitindo abstrair

informações que auxiliem na compreensão ampla do fenômeno investigado, como o crescimento bacteriano, que pode ser descrito por uma equação diferencial de primeira ordem. Neste caso, a função resultante da solução da equação diferencial permite compreender a rapidez com que a população de bactérias cresce em função do tempo.

A teoria das equações diferenciais ordinárias envolve conceitos matemáticos avançados, o que torna a sua aprendizagem um grande desafio para muitos estudantes, fato que pude observar durante a atuação docente nesta disciplina em cursos de engenharia, nos quais constantemente era motivado a buscar diferentes abordagens metodológicas para melhor atender às dificuldades dos estudantes. Rasmussen (2001), ao “interpretar as compreensões e dificuldades dos alunos com ideias matemáticas centrais para novas direções em equações diferenciais” (p. 55), menciona que uma das dificuldades dos estudantes consiste em compreender que a solução de uma equação diferencial é uma família de funções que descrevem como determinada quantidade evolui ao longo do tempo. Nessa mesma perspectiva, Rowland e Jovanoski (2004), desenvolveram “um estudo das dificuldades de interpretação de alunos do primeiro ano de graduação com equações diferenciais ordinárias (EDOs) de primeira ordem em contextos de modelagem” (p. 503), no qual destacam que “uma proporção significativa de alunos confunde o pensamento do tipo 'quantidade' e 'taxa de variação da quantidade' ao pensar em EDOs de primeira ordem usadas para modelar processos físicos” (p. 513). Os autores também mencionam que alguns estudantes não compreendiam que, em um sistema físico, todos os termos devem ter as mesmas unidades de medida.

Nos últimos anos, alguns pesquisadores têm se dedicado a investigar e compreender a gênese desse problema, bem como a apresentar abordagens alternativas que possam auxiliar na compreensão dos conceitos de cálculo de forma significativa. Diante disso, o primeiro autor deste trabalho, sob a orientação da segunda autora, busca realizar uma investigação do tipo estado da arte sobre o ensino de equações diferenciais ordinárias, com o intuito de propor, em sua tese doutoral, alternativas para o ensino dessa teoria. Investigações do tipo estado da arte buscam mapear o conhecimento produzido em determinada área durante um período de tempo e, a partir desse mapeamento, compreender a evolução do processo de produção do conhecimento (Ferreira, 2002). Assim, considerando as características do estado da arte, este texto tem como objetivo mapear as produções científicas sobre ensino de equações diferenciais ordinárias, desenvolvidas nos Programas de Pós-Graduação, bem como nos artigos publicados em periódicos científicos. Para isso, buscamos responder às questões: *quanto ao ensino de equações diferenciais ordinárias, o que dizem as pesquisas? Quais abordagens de ensino têm*

sido utilizadas? Quais são as possibilidades investigativas sobre o ensino de equações diferenciais ordinárias?

Considerando que pesquisas do tipo estado da arte têm como característica realizar o mapeamento do conhecimento produzido no meio acadêmico com o intuito de identificar quais tendências estão sendo priorizadas nas investigações divulgadas e observar possíveis lacunas que conduzam a novas perspectivas investigativas. Neste sentido, não será apresentada uma seção de referencial teórico, pois os trabalhos inventariados podem abordar diversas correntes teóricas sobre o ensino de equações diferenciais ordinárias, como, por exemplo, modelagem matemática, aprendizagem baseada em problemas, resolução de problemas, dentre outras. Dessa forma, nas seções seguintes, delinearemos os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa e, em seguida, apresentaremos a análise e resultados de forma descritiva e finalizamos com as considerações finais, nas quais apontaremos possíveis caminhos para investigações futuras.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada consistiu em uma pesquisa bibliográfica de cunho qualitativo, do tipo estado da arte, com o intuito de identificar os trabalhos produzidos sobre a temática de interesse e “[...] reconhecer o que se tem desenvolvido sobre determinado tema de interesse investigativo, bem como ampliar o arsenal teórico do pesquisador, dando-lhe embasamento para o desenvolvimento de novas ideias” (Souza; Gonçalves, 2020, p. 260). Segundo Macedo (1994, p. 13), pesquisa bibliográfica “[...] é a busca de informações bibliográficas, seleção de documentos que se relacionam com o problema de pesquisa (livros, verbetes de enciclopédia, artigos de revistas, trabalhos de congressos, teses etc.)”. Pesquisas denominadas estado da arte têm:

[...] o desafio de mapear e de discutir uma certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento, tentando responder que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em diferentes épocas e lugares, de que formas e em que condições têm sido produzidas certas dissertações de mestrado, teses de doutorado, publicações em periódicos e comunicações em anais de congressos e de seminários (Ferreira, 2002, p. 258).

Pesquisas do tipo estado da arte “são reconhecidas por realizarem uma metodologia de caráter inventariante e descritivo da produção acadêmica e científica sobre o tema que busca

investigar” (Ferreira, 2002, p. 258). Além disso, “fornecem ferramentas que orientam as discussões de futuros resultados das pesquisas e auxiliam o entendimento do que se pretende estudar” (Sumbane; Kalhil, 2020, p. 483).

Dessa forma, inicialmente realizaremos um processo de inventário da produção científica e, em seguida, desenvolveremos a análise dos resultados de forma descritiva, evidenciando as principais características que emergem nos trabalhos investigados.

Como instrumentos de coleta de dados, foram utilizadas as ferramentas de busca nos repositórios institucionais para armazenamento de teses e dissertações, bem como nos periódicos dedicados à divulgação científica nacional e internacional.

Dessa forma, realizou-se uma pesquisa junto ao Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES; e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), no período de 1/09/2022 até 12/09/2022, utilizando o descritor “ensino de equações diferenciais”. Não foi estabelecido um recorte temporal para busca. O levantamento retornou 13 resultados, sendo 3 teses e 10 dissertações, porém 1 tese e 1 dissertação foram desconsideradas para análise, pois a partir do título e da leitura do resumo foi possível concluir que elas não tratavam sobre o ensino de equações diferenciais. Assim, neste trabalho, serão analisadas 2 teses e 9 dissertações, totalizando onze pesquisas.

Com relação aos artigos publicados em periódicos, a busca foi realizada no período de 10/10/22 até 10/11/22 junto ao portal de periódicos da CAPES, por meio de busca avançada. Para isso, foi acessado o menu acervo e seus submenus “busca por assunto” e “busca avançada”, no primeiro campo da busca avançada foi utilizado o descritor ensino, no segundo campo utilizou-se o descritor equações diferenciais (em ambos os casos os descritores foram inseridos sem aspas). Considerando que na pesquisa de Oliveira e Igliori (2013) foi realizado um levantamento bibliográfico do tipo estado da arte sobre a temática no período de 2000 a 2011, nosso recorte temporal foi delimitado como os últimos 10 anos. A busca retornou 56 resultados. Após a leitura dos títulos e resumos, foram selecionados 18 trabalhos para leitura na íntegra. Em seguida, outros 4 trabalhos foram desconsiderados por não terem relação direta com o tema da pesquisa. Portanto, foram analisadas 14 pesquisas, os demais artigos foram desconsiderados por não abordarem a temática investigada.

Na análise dos trabalhos selecionados, buscamos identificar os elementos centrais, como o problema de pesquisa, os objetivos, a metodologia utilizada e os resultados alcançados, conforme apresentamos na seção a seguir. Advertimos que não foi estabelecido um padrão para a análise, ou seja, as análises de alguns trabalhos tiveram maior espaço de discussão do que

outros, dependendo da percepção dos pesquisadores em relação ao foco de cada pesquisa. Esta análise será apresentada de forma detalhada na próxima seção. Além disso, nas considerações finais, realizaremos uma síntese analítica dos resultados encontrados.

Por fim, considerando que este trabalho é de natureza exclusivamente bibliográfica, não envolveu pesquisa com seres humanos e, portanto, não demandou aprovação em Comitê de Ética em Pesquisa.

3 ANÁLISE E RESULTADOS

Nesta seção, apresentamos os resultados das pesquisas identificadas por meio das buscas, conforme delineado na seção anterior. A análise será desenvolvida por meio de uma síntese interpretativa, na qual se busca a interpretação de cada trabalho, destacando os aspectos que interessam ao investigador (Fiorentini; Crecci, 2017). Nesse sentido, buscamos evidenciar os principais aspectos teóricos e metodológicos que emergem nas pesquisas, tais como: problema de pesquisa, objetivos, metodologias de ensino e de aprendizagem e os tipos de recursos computacionais utilizados. Para facilitar a leitura, organizamos os trabalhos por modalidades; dessa forma, dedicamos uma seção para as pesquisas teses e dissertações e outra para artigos científicos publicados em periódicos. Por fim, finalizamos a seção com uma síntese mais geral, apontando os principais pontos identificados nos trabalhos.

3.1 Teses e Dissertações

No Quadro 1, sintetizamos as informações básicas sobre as pesquisas que discutem o ensino de equações diferenciais, identificadas na busca por teses e dissertações desenvolvidas nos Programas de Pós-Graduação.

Quadro 1 - Teses e dissertações sobre ensino de equações diferenciais/CAPES.

Título do trabalho	Autor	Programa	Instituição	Ano
Abordagem geométrica: possibilidades para o ensino e aprendizagem de introdução às Equações Diferenciais Ordinárias	Sueli Liberatti Javaroni	Doutorado em Educação Matemática	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho	2007
Uma engenharia didática para abordar o conceito de equação diferencial em cursos de engenharia	Eliane Alves de Oliveira	Doutorado em Educação Matemática	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo	2014

Uma estratégia metodológica para a introdução de um curso de equações diferenciais ordinárias	Galvina Maria de Souza	Mestrado Profissional em Ensino	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais	2011
A resolução de problemas físicos com equações diferenciais ordinárias lineares de 1 ^a e 2 ^a ordem: Análise gráfica com o software Maple	Aníbal Ataides Barros Filho	Mestrado Profissional em Ensino	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais	2012
Ensino de Equações Diferenciais Ordinárias Baseado no Método PBL (Project/Problem-Based Learning), Integrado a Modelagem Computacional com a Simulação	Paulo Henrique Farias Xavier	Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial	Centro Universitário Senai Cimatec – Salvador	2016
Contribuições da modelagem matemática e das tecnologias para o ensino de equações diferenciais ordinárias	Edcarlos Vasconcelos da Silva	Mestrado Profissional em Ensino de Física e Matemática	Centro Universitário Franciscano	2016
Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o estudo de equações diferenciais ordinárias	Talita Breschiliare Piffer Freire	Mestrado em Ensino de Matemática	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	2017
Equações Diferenciais Ordinárias na Modelagem e Solução de Problemas de Engenharia	Celso Faria de Souza	Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional	Universidade Federal de Goiás	2018
Análise de fenômenos físicos no ensino de equações diferenciais ordinárias de primeira ordem em cursos de engenharia	Jonathan Weverton Silva Buéri	Mestrado Profissional em Ensino	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais	2019
Equações diferenciais Ordinárias: aplicações e uma proposta de intervenção no ensino básico	Marcos Santos de Sá	Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional	Universidade Federal de Sergipe	2019
Utilizando a dimensão sociocrítica da modelagem matemática no ensino de equações diferenciais para o curso de licenciatura em matemática	Sebastião Aparecido de Araújo	Mestrado em Educação Matemática	Universidade Federal de Ouro Preto	2020

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Na pesquisa de Javaroni (2007, p. 56), o problema de pesquisa consiste em investigar “quais as possibilidades de ensino e aprendizagem de introdução às equações diferenciais ordinárias através da análise qualitativa dos modelos matemáticos, com o auxílio de Tecnologia de Informação e Comunicação?” Para isso, a autora desenvolveu, com os alunos, um conjunto de atividades envolvendo os modelos clássicos de crescimento populacional de Malthus e de Verhulst, bem como modelos de queda livre e da lei do resfriamento.

Com relação aos recursos computacionais, a pesquisadora utilizou planilhas eletrônicas do Excel e os softwares winplot e maple. As atividades foram desenvolvidas em um curso de extensão que contou com a participação voluntária de nove estudantes de matemática. A autora

utilizou uma metodologia de pesquisa qualitativa com o intuito de qualificar os aspectos centrais emergentes no desenvolvimento das atividades propostas.

Segundo a autora, as atividades com utilização de recursos computacionais propiciaram momentos de discussões ricos em aprendizado, uma vez que:

[...] a interação entre os alunos e as mídias, instiga ao surgimento de diferentes discussões entre os alunos e, possivelmente propicia aos alunos a oportunidade de reorganização dos conceitos matemáticos estudados e, talvez até, propicia o surgimento da elaboração de novos conceitos com relação aos conteúdos estudados, em particular, com relação às equações diferenciais ordinárias (Javaroni, 2007, p. 96).

As atividades desenvolvidas no âmbito da pesquisa buscavam explorar os aspectos gráficos das soluções de equações diferenciais ordinárias por meio da análise dos campos de direção relacionados aos modelos apresentados na tese.

A tese desenvolvida por Oliveira (2014) busca responder à seguinte questão de pesquisa: “quais componentes devem estar presentes em estratégias de ensino com vistas a favorecer a aprendizagem de estudantes acerca de Equações Diferenciais Ordinárias e suas aplicações em cursos de graduação em Engenharia?” (Oliveira, 2014) e tem como objetivo geral

Investigar quais componentes devem estar presentes em estratégias de ensino que favoreçam a aprendizagem de estudantes acerca de Equações Diferenciais Ordinárias e suas aplicações em cursos de graduação em Engenharia Ambiental e em Engenharia de Produção da Universidade do Estado do Pará (UEPA) (Oliveira, 2014, p. 43).

Para isso, a pesquisadora utilizou como aporte teórico-metodológico, a Teoria das Situações Didáticas de Guy Brousseau e a engenharia didática de Michèle Artigue, que se caracteriza como metodologia de pesquisa de cunho qualitativo-descritivo. A pesquisa consistiu na elaboração de uma Engenharia didática para o ensino de EDO com abordagem gráfica, numérica e algébrica para cursos de engenharia, com a utilização do *software* GeoGebra.

Os resultados da pesquisa evidenciam a importância da utilização de atividades envolvendo situações-problema, pois possibilitam a articulação entre as abordagens gráfica e algébrica, com a utilização de recursos computacionais para a construção de conceitos de equações diferenciais ordinárias e suas aplicações na área das engenharias. Os dados da pesquisa indicam que o trabalho em dupla contribui para a realização das atividades propostas na sequência didática e que o uso do GeoGebra favoreceu a realização das atividades, auxiliando na construção de campos de direção, por exemplo (Oliveira, 2014).

A pesquisa de Souza (2011, p. 14) buscou investigar “que contribuições e desafios

podem ser encontrados ou identificados ao se iniciar o estudo das equações diferenciais ordinárias com foco em elementos funcionais, taxas e modelagem algébrica de problemas?” Para isso, a pesquisadora realizou uma pesquisa de caráter qualitativo, na qual desenvolveu um conjunto de atividades com os alunos de cursos de Engenharia utilizando diversas estratégias para apresentar os conceitos inerentes à teoria das equações diferenciais ordinárias. As atividades foram organizadas por blocos.

Em geral, pode-se dizer que a pesquisadora buscou propor uma abordagem para introdução aos conceitos de equações diferenciais ordinárias “com foco em elementos funcionais, taxas e modelagem algébrica de problemas, fazendo uma interlocução entre as diferentes formas de abordagens de um mesmo conteúdo matemático” (Souza, 2011, p. 93). Além disso, a pesquisadora afirma que os resultados da pesquisa evidenciaram que as atividades desenvolvidas podem minimizar as dificuldades dos estudantes no estudo de equações diferenciais ordinárias.

A pesquisa de Barros Filho (2012, p. 31) teve como objetivo “propor uma metodologia para a resolução de problemas físicos com ênfase na interpretação gráfica, com utilização do *software* Maple, objetivando trazer contribuições para o estudo de Equações Diferenciais Ordinárias lineares de 1^a e 2^a ordem em cursos de Ciências”. Para isso, o pesquisador desenvolveu uma pesquisa de cunho “qualitativo para obtenção de dados de forma descritiva no contato direto do pesquisador com o objeto” (Barros Filho, 2012, p. 9).

O autor propõe uma metodologia com cinco atividades envolvendo situações-problema relacionadas a fenômenos físicos voltados aos cursos de Engenharia. As atividades foram organizadas visando estratégias de resolução de problemas e descoberta guiada, com foco principal na análise gráfica das soluções de equações diferenciais ordinárias.

Os resultados da pesquisa apontam que o ensino com a estratégia de resolução de problemas pode contribuir para o aprendizado dos alunos, conferindo-lhes maior capacidade de atribuir significados à teoria estudada por meio da interpretação geométrica das soluções dos modelos utilizados em cada situação-problema.

Xavier (2016, p. 4) delineou como objetivo principal de sua pesquisa “analisar o processo de aprendizagem e a interação de discentes em um trabalho cooperativo quando utiliza-se a aprendizagem baseada em problemas com lastro na teoria dos campos conceituais de Vergnaud”. Para isso, o autor propõe situações problemas contextualizadas com a realidade dos alunos de uma disciplina introdutória de equações diferenciais, do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade de Tecnologia do SENAI CIMATEC.

No que diz respeito aos aspectos metodológicos, “a pesquisa teve abordagem qualitativa, contendo tratamento de dados quantitativos. Os dados quantitativos foram sistematizados e organizados em tabelas, para posterior interpretação e inferência cabíveis” (Xavier, 2016, p. 18). O pesquisador utilizou questionários com os alunos com o intuito de inferir os resultados da metodologia implementada.

Para analisar a eficácia do modelo utilizado, o autor fez uso de uma escala *Likert* como método de análise. A escala *Likert* permite avaliar/medir o grau de satisfação dos participantes de uma pesquisa. A pesquisa teve como eixo central o desenvolvimento de atividades pelo método PBL (*Problem-Based Learning*) considerando problemas relacionados à realidade dos estudantes do curso de Engenharia Mecânica. Também foram desenvolvidas atividades com metodologia tradicional de ensino e foi realizada uma comparação entre o número de aprovados em cada situação. Tais comparações indicam que o aproveitamento pode ser maior com a aula pautada em PBL do que na aula com abordagem convencional.

A pesquisa desenvolvida por Silva (2016, p. 12) teve como objetivo “investigar como o uso da modelagem matemática, apoiada nos recursos tecnológicos, pode contribuir para o ensino e aprendizagem de equações diferenciais ordinárias”. Segundo o pesquisador, a metodologia da pesquisa “se caracteriza como um Estudo de Caso de Abordagem Qualitativa. [...] Também foi feito uso da pesquisa bibliográfica para embasamento teórico”.

Silva (2016) utilizou o aplicativo *Modellus* e a planilha eletrônica Excel como tecnologias digitais para o desenvolvimento das atividades. O autor buscou relacionar elementos da teoria da educação matemática realista com as ideias de modelagem matemática, a partir das quais propôs uma sequência de atividades a serem trabalhadas na disciplina de equações diferenciais ordinárias. O pesquisador aplicou dois questionários: um inicial e um final. O inicial tinha “o intuito de analisar as ideias que o estudante possui sobre a Modelagem Matemática e sua aplicação” (Silva, 2016, p. 47). O último questionário buscou compreender as concepções dos estudantes com relação à utilização da modelagem matemática como metodologia de ensino de matemática.

Silva (2016, p. 123) afirma que é possível “inferir que a modelagem é fixada por repetição, uma vez que os estudantes passaram a ser autônomos após as duas primeiras atividades”. Na concepção do autor, esse procedimento repetitivo não comprometeu o processo, pois teve a função de agilizar o desenvolvimento da modelagem dos problemas posteriores. Os dados da pesquisa indicam, também, que o processo de matematização pode favorecer os estudantes na interpretação matemática dos dados.

Na pesquisa desenvolvida por Freire (2017, p. 9), o objetivo consistia em “propor, implementar e analisar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o estudo de Equações Diferenciais Ordinárias no contexto de uma turma do sexto semestre de um curso de Licenciatura em Matemática”. Segundo a autora, a pesquisa é de cunho qualitativo e “a análise dos dados coletados durante a pesquisa é baseada na Análise Textual Discursiva” (Freire, 2017, p. 104). Para a desmontagem dos textos a pesquisadora utilizou “o *software* de análise qualitativa ATLAS TI 8.0” (Freire, 2017, p. 9). A pesquisadora desenvolveu uma proposta de ensino com modelagem matemática utilizando o GeoGebra e o *Winplot* como recursos computacionais. Em suma, a proposta consiste em uma mescla de ensino “convencional” com discussões sobre problemas envolvendo modelagem matemática.

Para análise dos dados, a autora considerou três categorias: modelagem matemática, recursos tecnológicos e aprendizagem significativa. A análise aponta que atividades que requerem a utilização de recursos tecnológicos conduzem os alunos à reorganização do pensamento, pois o estudante poderá conceber outras formas de resolução além da solução algébrica. A utilização de recursos computacionais como ferramenta facilitadora de aprendizado é um elemento importante e pode favorecer a aprendizagem e o trabalho colaborativo entre os alunos (Freire, 2017).

Com relação à categoria aprendizagem significativa, a análise da pesquisadora afirma: “verificamos que a inferência de aprendizagem do conteúdo se consolidou em Atividades que ocorreram em momentos posteriores, e podemos observar a sua não ocorrência em Atividades que podem ser consideradas preliminares (Freire, 2017, p. 158). Assim, os dados da pesquisa de Freire (2017) apontam que as atividades desenvolvidas podem contribuir para a aprendizagem significativa de equações diferenciais ordinárias.

A pesquisa de Souza (2018) teve como objetivo “apresentar uma forma de se entender as equações diferenciais através de exemplos reais de engenharia, inclusive com dados experimentais quando possível” (p. 91). O autor não explicita a metodologia utilizada em sua pesquisa, porém pode-se perceber que se trata de uma pesquisa bibliográfica de cunho qualitativo. A ideia central da pesquisa consiste em apresentar as bases conceituais da teoria das equações diferenciais ordinárias combinadas com sugestões de modelos clássicos de aplicações nas engenharias.

Os dados da pesquisa de Souza (2018) apontam que as atividades cujo foco principal não esteja voltado às demonstrações de teoremas e aprofundamentos teóricos, priorizando a compreensão do conceito de equações diferenciais ordinárias a partir de problemas reais do

contexto do engenheiro com elementos da modelagem, podem amenizar as dificuldades de aprendizado dessa teoria matemática.

Buéri (2019) desenvolveu uma pesquisa com metodologia “qualitativa e empírica, com utilização de uma sequência de oito atividades desenvolvidas para a resolução de um problema físico de decaimento exponencial e estruturadas por passos” (p. 8). O principal objetivo da pesquisa consistia em “analisar a metodologia de estudo de fenômenos físicos com Equações Diferenciais Ordinárias de primeira ordem em cursos de Engenharia, com utilização da técnica de pesquisa de grupo controle” (Buéri, 2019, p. 17).

O problema proposto foi apresentado aos alunos por etapas, por meio de atividades estruturadas de forma que os alunos pudessem ir construindo significado para os conceitos abordados durante a realização das atividades. Por fim, a última atividade tinha um caráter discursivo, em que os participantes deveriam sintetizar o fenômeno estudado, explicando o que haviam entendido sobre o problema como um todo. Com o intuito de comparar a eficiência da metodologia implementada (análise por passos), o autor desenvolveu atividades com dois grupos: sendo um com atividades convencionais/tradicionais e o outro grupo seguindo a metodologia diferenciada proposta por ele.

Nas considerações finais, o pesquisador conclui que, a partir da análise dos dados comparativos, é possível evidenciar que o aproveitamento com a metodologia de ensino utilizada (método de análise por passos) foi mais significativo do que o aproveitamento com atividades desenvolvidas na forma tradicional. Porém, o autor aponta que, mesmo assim, na metodologia de análise por passos, os alunos demonstraram dificuldade na resolução das equações, bem como na interpretação e construção de gráficos.

Sá (2019), em sua pesquisa, buscou estudar os aspectos quantitativos da teoria das equações diferenciais ordinárias com o intuito de propor uma alternativa pedagógica para discussão de problemas que são resolvidos por equações diferenciais ordinárias no ensino básico. O autor desenvolve a base conceitual sobre equações diferenciais ordinárias, seguida de exemplos de aplicações, como, os modelos de Malthus e de Verhulst para o crescimento da população de Aracaju. Por fim, o pesquisador propõe uma intervenção pedagógica para o ensino médio com atividades sobre o modelo de Malthus para dinâmicas populacionais, problema de decaimento radioativo e o problema do pêndulo simples.

A pesquisa de Araújo (2020) buscou responder ao problema de pesquisa: “quais são as possíveis contribuições de atividades de Modelagem Matemática numa perspectiva socio crítica para a aprendizagem de Equações Diferenciais no curso de Licenciatura em Matemática?” (p.

32). Segundo o autor, a metodologia utilizada na análise dos dados obtidos foi de cunho qualitativo. O pesquisador buscou discutir as possíveis causas da dificuldade dos alunos em cursos de cálculo diferencial e integral. A concepção conceitual de equações diferenciais ordinárias é apresentada inicialmente na forma convencional, por meio de exemplos genéricos, e discutindo os tipos de soluções.

Araújo (2020) apresenta as bases conceituais que caracterizam sua pesquisa no âmbito da educação matemática, destacando algumas concepções epistemológicas, como a educação matemática crítica e a modelagem na dimensão sociocrítica. Em seguida, o autor apresenta as atividades trabalhadas com os alunos de um curso de Licenciatura em Matemática, atividades relacionadas aos modelos clássicos de dinâmicas populacionais de Malthus e de Verhulst.

Na perspectiva do pesquisador, as “atividades contribuíram para conectar a tecnicidade da Matemática com as questões cotidianas e com a emancipação que ela pode trazer, tornando os cidadãos com uma criticidade maior” (Araújo, 2020, p. 180). Por fim, os resultados da pesquisa apontam que as atividades com modelagem puderam contribuir para uma formação reflexiva dos futuros professores de matemática.

3.2 Produções Publicadas em Periódicos

No Quadro 2, sintetizamos as informações básicas sobre as pesquisas que discutem o ensino de equações diferenciais ordinárias, identificadas na busca por produções publicadas em periódicos encontrados na base de dados da CAPES.

Dentre os artigos selecionados para análise, temos 2 publicados na revista “Alexandria”, 1 na “Revista Brasileira de Ensino de Física”, 2 na “REVEMAT”, e um artigo em cada uma das revistas: “Em Teia”, “Metáfora Educacional”, “Latin-American Journal of Physics Education”, “ENCITEC”, “Educação e Fronteiras”, “RIESup”, “REnCiMa”, “Tangram” e “Revista Docência do Ensino Superior”.

Quadro 2 – Artigos sobre ensino de equações diferenciais publicados em periódicos.

TÍTULO	AUTOR(ES)	PERIÓDICO	ANO
Dificuldades dos alunos na aprendizagem de equações diferenciais ordinárias.	Maria Madalena Dullius, Eliane Ângela Veit, Ives Solano Araújo	Alexandria	2013
Ensino e aprendizagem de equações diferenciais: um levantamento preliminar da produção científica	Eliane Alves de Oliveira; Sonia Barbosa Camargo Igliori	Em Teia	2013
Abordagens de ensino para conceitos do cálculo diferencial e integral	Sonia Barbosa Camargo Igliori; Marcio Vieira de Almeida	Metáfora Educacional	2015

Equações diferenciais aplicadas à microscopia de força atômica: uma estratégia para o ensino de mecânica clássica na graduação.	G. A. C. Lopes; E. A. Cotta; H. D. Fonseca Filho.	Latin-American Journal of Physics Education	2015
Engenharia didática (análises preliminares e análise a priori): o caso das equações diferenciais de segunda ordem.	Francisco Regis Vieira Alves	ENCITEC	2016
Aplicações para o Ensino de Equações Diferenciais	Sonia Barbosa Camargo Igliori; Márcio Vieira Almeida	Alexandria	2017
Desenvolvendo abordagens de ensino para conceitos de cálculo diferencial e integral com geogebra.	Sonia Barbosa Camargo Igliori; Marcio Vieira de Almeida	Educação e Fronteiras	2018
A relevância do registro gráfico no ensino e na aprendizagem das equações diferenciais ordinárias	Michele Carvalho de Barros; Lilian Akemi Kato; Jana Trgalova	REVEMAT	2020
Engenharia Didática (ED): análises preliminares e a priori para a equação diferencial de Claireaut.	Francisco Regis Vieira Alves	REVEMAT	2020
Movimento Vertical De Minifoguetes: Equações De Trajetórias E Análises Gráficas.	André Luíz Alves; Sérgio Souza Bento; Carlos Henrique Marchi	Revista Brasileira de Ensino de Física.	2021
Aprendo, aplicativo de celular para melhorar a aprendizagem de equações diferenciais ordinárias de 1ª ordem	Tatiane da Silva Evangelista; Leonardo Oliveira; André Barros de Sales	RIESup	2021
Modelagem matemática e equações diferenciais: um mapeamento das pesquisas em educação matemática	Aldo Peres Campos Lopes	REnCiMa	2021
Equações diferenciais ordinárias, newton e o bolo de chocolate: modelagem matemática na educação	Rafael Winícius da Silva Bueno; Clarissa Coragem Ballejo	Tangram	2021
Percepção e sugestão do uso de mapas conceituais em equações diferenciais ordinárias	Tatiane da Silva Evangelista; André Barros de Sales.	Revista Docência do Ensino Superior	2022

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

A pesquisa de Dullius, Veit e Araújo (2013) é dedicada a investigar as dificuldades dos alunos no processo de ensino e aprendizagem de equações diferenciais ordinárias. Para isso, desenvolveram uma pesquisa qualitativa na qual realizam uma revisão da literatura, entrevistaram professores que ministram aulas de equações diferenciais e acompanharam uma turma de alunos de uma disciplina de equações diferenciais no curso de Licenciatura em Ciências Exatas da UNIVATES.

Ao acompanhar uma turma com 35 alunos de uma disciplina de equações diferenciais ordinárias, os autores buscaram elementos que evidenciassem as dificuldades dos alunos. Para isso, foi utilizada uma estratégia de ensino no modelo “tradicional” e, ao final, foi aplicado um questionário com questões que permitissem averiguar se os estudantes compreenderam a definição conceitual de equação diferencial e também para evidenciar as dificuldades no

aprendizado.

Com relação à definição, Dullius, Veit e Araújo (2013) enfatizam que os alunos associam equação diferencial com derivadas e integrais, porém têm dificuldades para expor estas relações de forma conceitual. No que diz respeito às dificuldades dos estudantes, Dullius, Veit e Araújo (2013) afirmam que os resultados que emergem da análise são condizentes com o que os professores entrevistados mencionaram. Segundo os pesquisadores, os resultados da pesquisa indicam que as principais fontes de dificuldades dos alunos estão relacionadas a conceitos da matemática considerados base para estruturação conceitual de uma equação diferencial. Outro fator interessante encontrado na pesquisa é que os alunos “fazem confusão entre quantidade e taxa de variação da quantidade, entre a função que descreve ‘como a quantidade varia’ e a equação que descreve ‘como a taxa de variação da quantidade varia’” (Dullius; Veit; Araújo, 2013, p. 223-224).

A pesquisa desenvolvida por Oliveira e Igliori (2013) foi dedicada ao levantamento bibliográfico, do tipo estado da arte, acerca do tema ensino de equações diferenciais ordinárias. O recorte temporal utilizado compreendeu o período de 2000 a 2011. O objetivo da pesquisa consistia em mapear os trabalhos até então desenvolvidos, de forma a obter subsídios teóricos para estruturação do projeto de tese de doutorado da primeira autora, sob orientação da segunda autora.

A partir da análise de Oliveira e Igliori (2013), percebe-se que, de certa forma, as práticas de ensino de equações diferenciais ordinárias têm foco majoritariamente voltado para soluções algébricas/analíticas e que isso pode ser um fator agravante das dificuldades dos estudantes. Nesse sentido, há também uma certa convergência de pensamento dos autores investigados ao indicarem a necessidade de se implementar práticas docentes com foco mais interpretativo, a partir de soluções gráficas e numéricas por meio de resoluções de situações-problema, bem como a utilização de recursos computacionais como ferramentas facilitadoras na interpretação do conceito envolvido.

As pesquisadoras apontam que os estudantes apresentam dificuldades com conceitos básicos, principalmente no que diz respeito a taxas de variação instantânea, e indicam também “que a Modelagem Matemática, associada a ferramentas computacionais, foi a abordagem de ensino desenvolvida em grande parte das investigações, apresentando resultados positivos aos investigadores” (Oliveira; Igliori, 2013, p. 21). Por fim, as pesquisas analisadas sugerem uma prática de ensino que incorpore aspectos de soluções algébricas, gráficas e numéricas de forma equilibrada, como alternativa viável para um ensino com características voltadas para uma

abordagem qualitativa de ensino de equações diferenciais ordinárias.

Na pesquisa de Igliori e Almeida (2015), encontramos uma investigação sobre abordagens para o ensino de funções, continuidade, derivadas, integrais e equações diferenciais ordinárias. A pesquisa de Igliori e Almeida (2015), de cunho qualitativo, busca apresentar uma discussão sobre como abordar a definição de uma função e os conceitos de diferenciabilidade e continuidade. Os autores apresentam a construção (com o GeoGebra) de um exemplo de função contínua que não é diferenciável em todos os pontos do seu domínio, segundo a concepção de “retidão local” apresentada por David Tall.

O conceito de equação diferencial é abordado a partir da construção de campos de direção. Igliori e Almeida (2015) apresentam um exemplo de equação diferencial ordinária, sugerindo possibilidades de abordagens para construção do campo de direção, viabilizando uma análise qualitativa da característica das soluções, interpretadas com o auxílio do GeoGebra. Os pesquisadores mencionam que, após a análise qualitativa, o professor pode abordar as técnicas de soluções analíticas, confrontando-as com os resultados obtidos qualitativamente, provocando, assim, discussões produtivas sobre a importância de ambos os métodos de ensino.

O trabalho de Lopes, Cotta e Fonseca Filho (2015) é dedicado a apresentar problemas da física que podem ser descritos por equações diferenciais ordinárias. Os problemas abordados envolviam conceitos de equações de segunda ordem. Os autores tinham por objetivo evidenciar situações de aplicabilidade do conceito de equações diferenciais. Para isso, os pesquisadores discutiram o conceito de equilíbrio dinâmico de uma equação diferencial e, em seguida, utilizaram três problemas sobre: oscilações simples; oscilações amortecidas e oscilações forçadas. Uma vez deduzidas/apresentadas as equações diferenciais relacionadas a cada um dos problemas, os autores propõem a utilização das técnicas de solução algébrica/analítica.

Segundo os autores, quando se trabalha com equações diferenciais a partir de aplicações, “o assunto passa a ser melhor compreendido pelos estudantes, obtendo grandes resultados de aprendizado” (Lopes; Cotta; Fonseca Filho, 2015, p. 48).

As pesquisas de Alves (2016, 2020) têm por objetivo apresentar possibilidades de ensino de equações diferenciais ordinárias de segunda ordem e equação de Clairaut, respectivamente. Para isso, o autor propõe, em cada artigo, uma engenharia didática para cada assunto abordado. Como apporte teórico relacionado ao conceito de equações diferenciais, o pesquisador utilizou, em ambos os trabalhos, a obra intitulada ‘Equações Diferenciais Aplicadas’, publicada pelo IMPA (Instituto de Matemática Pura e Aplicada), de autoria dos professores Djairo Guedes de Figueiredo e Aloísio Freiria Neves.

Essencialmente, em ambos os trabalhos, o pesquisador apresenta formalmente o conceito das equações diferenciais a serem abordadas, discute as soluções analíticas com riqueza de detalhes teóricos, segundo a premissa encontrada no livro dos professores Djairo e Aloísio. Num segundo momento, o autor propõe uma abordagem diferenciada com a utilização do GeoGebra, com o intuito de explorar as ideias gráficas que podem emergir das análises da solução algébrica.

Em ambas as pesquisas, o autor busca abordar dois momentos da engenharia didática: análise preliminar e análise a priori. Na análise preliminar, considera-se “uma análise epistemológica dos conteúdos visados no ensino (indicado na seção anterior); análise dos entraves no campo de ensino em que pretendemos realizar uma ação didática” (Alves, 2016, p. 9). Na análise a priori, o autor busca apresentar situações-problema que possibilitam o desenvolvimento das fases de ação, formulação, validação e institucionalização do conhecimento relacionado ao assunto abordado.

Por fim, o pesquisador defende que a prática de ensino por meio de uma engenharia didática permite “vislumbrar a exploração de elementos com o amparo da visualização, cuja natureza variada (quadro numérico, geométrico e analítico) estimula uma espécie de abordagem ‘qualitativa’ para o ensino de EDO’s” (Alves, 2020, p. 28).

A pesquisa de Igliori e Almeida (2017, p. 258), busca investigar “como explorar diferentes representações do conceito de solução de equações diferenciais durante o processo de ensino?” Para isso, os pesquisadores apresentam duas atividades: a primeira tem como foco a construção de soluções a partir do conceito de campos de direção; na segunda, os autores propõem uma adaptação de uma situação proposta por David Tall (2000, *apud* Igliori; Almeida, 2017, p. 264) para obtenção da curva solução de uma equação diferencial ordinária. Os pesquisadores enfatizam a importância da teoria das equações diferenciais ordinárias no contexto do desenvolvimento de várias áreas do conhecimento.

As propostas de Igliori e Almeida (2017) priorizam uma abordagem qualitativa e interpretativa, combinando de forma equilibrada os aspectos das soluções algébricas, gráficas e numéricas com utilização do GeoGebra. No trabalho de Igliori e Almeida (2018), intitulado “Desenvolvendo abordagens de ensino para conceitos de cálculo diferencial e integral com GeoGebra”, os autores propõem, como nos trabalhos analisados anteriormente, uma prática de ensino de cálculo com foco na abordagem qualitativa, com a utilização do GeoGebra como recurso computacional para plotar as soluções gráficas.

Barros, Kato e Trgalova (2020) desenvolvem uma pesquisa de cunho qualitativo, que se

encontra fundamentada nos trabalhos de Raymond Duval sobre registros de representação semiótica. O objetivo do trabalho consiste em investigar “a importância do registro gráfico nos processos de ensino e de aprendizagem das EDOs” (Barros; Kato; Trgalova, 2020, p. 1).

Para alcançar esse objetivo, as autoras aplicaram um conjunto de atividades cujo foco consistia em instigar os estudantes de um curso de Engenharia a buscarem a solução de uma equação diferencial ordinária por meio de diferentes tipos de registros, sob a perspectiva da análise qualitativa das soluções, de forma que os registros gráficos surgiriam naturalmente. As atividades foram desenvolvidas em um curso de extensão com 15 alunos de cursos de Engenharias Ambiental, de Alimentos, Civil e Eletrônica. A sequência de situações era composta de um questionário inicial, de nove atividades que trabalhavam o conceito de EDO utilizando diferentes registros de representação semiótica e de três problemas no contexto da Modelagem Matemática” (Barros; Kato; Trgalova, 2020, p. 9).

Segundo Barros, Kato e Trgalova (2020), as atividades desenvolvidas permitiram que os estudantes pudessem perceber que o sinal da derivada de uma função interfere no comportamento do campo de direção e vice-versa, de forma que foram capazes de estabelecer relações entre uma equação diferencial ordinária e seu campo de vetores.

O trabalho de Alves, Bento e Marchi (2021) é dedicado a apresentar quatro modelos para descrever o movimento vertical de um minifoguete. “Para testar estes modelos foi utilizado o voo experimental do minifoguete Epsilon-8 do Grupo de Foguetes Carl Sagan da UFPR” (Alves; Bento; Marchi, 2021, p. 1). A equação diferencial utilizada para descrever o movimento foi fundamentada pela segunda lei de Newton.

Alves, Bento e Marchi (2021) apresentam as bases conceituais da física como argumentos para construção dos modelos com equações diferenciais ordinárias que representam o movimento vertical do minifoguete, a fim de contrastar as curvas soluções dos modelos com os dados experimentais para a velocidade $v(t)$ e altura $y(t)$ em função do tempo t . Com relação aos modelos, têm-se:

No modelo I, a equação da trajetória é obtida desprezando-se a resistência do ar; no modelo II supõe-se haver uma dependência linear da força de resistência do ar com a velocidade do foguete; no modelo III esta dependência é do tipo quadrática, entretanto, considera-se a massa do foguete como um todo constante; no modelo IV apresenta-se uma solução analítica completa para $v(t)$ e numérica para $y(t)$ durante a queima do propelente (Alves; Bento; Marchi, 2021, p. 2).

Os autores discutem as soluções dos modelos propostos, enfatizando a interpretação do

significado físico dos parâmetros das equações. Por fim, compararam os modelos teóricos com os dados experimentais como forma de ‘validação’ dos modelos. Para isso, ressaltam a importância da análise gráfica tanto da solução teórica (solução analítica dos modelos) quanto do comportamento dos dados experimentais dispostos no mesmo sistema cartesiano.

A pesquisa desenvolvida por Evangelista, Oliveira e Sales (2021) trata-se de um relato de experiência com atividades sobre o conceito de equações diferenciais ordinárias de primeira ordem, desenvolvidas com estudantes de cursos de Engenharia da UNB, com utilização de jogos por meio do aplicativo aprEnDO, disponível para *smartphones* com sistema operacional Android. A pesquisa teve abordagem qualitativa com caráter descritivo. Como forma de verificar a validação das atividades foi utilizada “uma adaptação do modelo do Ciclo de Aprendizagem Vivencial (CAV) dos autores Falcão e Vila (2008), na qual é observada uma conexão direta entre conteúdo, o jogo e a vida real” (Evangelista; Oliveira; Sales, 2021, p. 6).

Com relação à avaliação do aplicativo, “foram utilizadas duas abordagens para verificar o uso do aprEnDO pelos estudantes: aplicação de uma enquete e construção de mapas conceituais” (Evangelista; Oliveira; Sales, 2021, p. 12). Segundo os autores, a partir da análise por meio de uma escala *Likert* de cinco pontos, pode-se concluir que o aplicativo foi bem aceito pelos alunos participantes da pesquisa. A análise dos mapas evidenciou que houve indícios de que a utilização do aplicativo contribuiu positivamente para o ensino e a aprendizagem de equações diferenciais ordinárias.

O trabalho com mapas conceituais permitiu que os discentes mostrassem como organizaram os conhecimentos adquiridos em sala de aula e com o auxílio do jogo aprEnDO, favorecendo diversas aprendizagens, que, ultrapassando a esfera das temáticas abordadas como conteúdos de ensino, abarcaram ainda outros aspectos, como: enfocar o essencial, privilegiando os conceitos-chave; hierarquizar ideias, estabelecendo relações significativas entre elas, sedimentando e integrando conteúdos; favorecer a negociação de significados e formas de estruturação (Evangelista; Oliveira; Sales, 2021, p. 17).

Por fim, os pesquisadores apontam que os jogos digitais possuem potencialidades que podem auxiliar no ensino e na aprendizagem do conhecimento científico do nível superior, uma vez que, “podem facilitar desde a compreensão de temáticas complexas, até o desenvolvimento de habilidades cognitivas e behavioristas importantes para o desenvolvimento pessoal e profissional” (Evangelista; Oliveira; Sales, 2021, p. 18).

Lopes (2021) realizou uma pesquisa bibliográfica do tipo estado da arte ou estado do conhecimento com o objetivo de mapear as produções acadêmicas desenvolvidas nos

Programas de Pós-Graduação sobre modelagem matemática e equações diferenciais no âmbito da educação matemática. o recorte temporal foi de 2000 a 2020. A busca foi realizada junto ao catálogo de teses e dissertações da CAPES. No total, foram selecionados, segundo os critérios do pesquisador, 12 trabalhos para análise, sendo 7 teses e 5 dissertações.

O foco das pesquisas analisadas por Lopes (2021) está relacionado a atividades de ensino em sala de aula:

Trazendo meios que facilitem e/ou investiguem a inclusão da Modelagem Matemática na disciplina Equações Diferenciais. Observamos que alguns trabalhos (30%) utilizaram a modelagem para fazer uma abordagem de aspectos introdutórios das EDO's. De fato, poucos trabalhos utilizaram EDO's de segunda ordem ou sistemas de EDO's (conforme discutiremos mais adiante) (Lopes, 2021, p. 9).

Lopes (2021) sintetiza os objetivos dos trabalhos investigados em quatro grupos:

1. Aprender EDO por meio da Modelagem Matemática;
2. Investigar o uso de recursos tecnológicos na Modelagem Matemática;
3. Examinar o desenvolvimento de habilidades;
4. Averiguar como a Modelagem Matemática auxilia na resolução de problemas do mundo real (Lopes, 2021, p. 10).

A maioria dos trabalhos envolve equações diferenciais ordinárias de primeira ordem. O foco principal dos trabalhos consiste em tratamento algébrico (67% dos trabalhos), o que significa que os trabalhos priorizam as estratégias convencionais de ensino de equações diferenciais ordinárias. Por outro lado, 33% dos trabalhos dão ênfase a uma abordagem qualitativa das soluções (Lopes, 2021).

As potencialidades da modelagem matemática que mais emergiram nos trabalhos foram: motivação dos estudantes; aprofundamento da compreensão do conteúdo abordado; e o desenvolvimento da habilidade de aplicar conceitos matemáticos a situações realistas (Lopes, 2021). Quanto às dificuldades encontradas com relação ao uso da modelagem matemática como estratégia de ensino, Lopes (2021) aponta a resistência dos alunos no início das atividades, a falta de conhecimentos prévios dos estudantes para desenvolver as atividades de modelagem, bem como a dificuldade de traduzir um problema não matemático para uma linguagem matemática.

O pesquisador chama atenção para o fato de que “a maioria das pesquisas não mostram os impactos do uso de Modelagem Matemática na aprendizagem das EDO's” (Lopes, 2021, p. 18). Isso pode indicar uma possibilidade investigativa para futuros trabalhos no âmbito da Educação Matemática.

A pesquisa de Bueno, Ballejo e Viali (2021, p. 1) apresenta os resultados de uma “[...] investigação matemática em aula, por meio da Modelagem Matemática, no contexto de ensino e aprendizagem de equações diferenciais ordinárias de variáveis separáveis”, cujos participantes eram acadêmicos de Licenciatura em Matemática.

A partir do preparo de um bolo, os alunos desenvolveram um modelo matemático envolvendo a lei do resfriamento de Newton. Após a resolução da equação diferencial, os estudantes notaram a necessidade de determinar a constante de integração que surgiu durante o processo. Para determinar o valor dessa constante, foi utilizada a informação sobre a temperatura inicial e, segundo os autores, nesse momento foi discutido o conceito de Problema de Valor Inicial. Os estudantes plotaram o gráfico da solução com o GeoGebra. Nesse momento foi possível verificar o comportamento assintótico da solução, que se estabilizava em 18°C (temperatura ambiente).

Os pesquisadores apontam, a partir das respostas dos alunos, que a atividade proposta permitiu aos estudantes a oportunidade de aliar os conhecimentos teóricos sobre equações diferenciais com problemas práticos, e que isso pode contribuir para o aprendizado. Da mesma forma, ao utilizar a contextualização como meio para unir teoria e prática, cria-se um ambiente de aprendizado que pode ser mais motivador para o aluno, pois o tema contextualizado deve ser do interesse do estudante. Com isso, há maior possibilidade de engajamento no desenvolvimento de conhecimentos.

O trabalho de Evangelista e Sales (2022, p. 1) buscou “[...] avaliar o uso de mapas conceituais como recurso didático no ensino de equações diferenciais ordinárias, com base na teoria ausubeliana, que consiste na aquisição do conhecimento pelo ser humano por meio de uma organização hierárquica dos conceitos”. A pesquisa foi desenvolvida com 92 estudantes dos cursos de Engenharia da UnB.

Segundo os pesquisadores, “[...] os mapas conceituais podem ser utilizados com três finalidades: recurso e/ou ferramenta didática, coleta de dados e avaliação da aprendizagem” (Evangelista; Sales, 2022, p. 5). Assim, em sua pesquisa, adotaram “[...] o uso de mapas conceituais como ferramenta pedagógica para viabilizar a aprendizagem dos conteúdos de equações diferenciais ordinárias por estudantes universitários” (Evangelista; Sales, 2022, p. 6).

Segundo os pesquisadores, dentre os alunos matriculados na disciplina, 64,6% foram aprovados, 30,8% foram reprovados e 4,6% trancaram a disciplina. Esses resultados indicam que a utilização de mapas conceituais pode contribuir para o aprendizado, pois “antes da aplicação dos mapas, o índice de reprovação era em torno de 70%” (Evangelista; Sales, 2022,

p. 14). A esse respeito, os pesquisadores enfatizam, no resumo, que “[...] os resultados revelaram, de forma segura, que os mapas conceituais influenciaram significativamente na aprendizagem do conteúdo universitário explorado” (Evangelista; Sales, 2022, p. 1).

Por fim, os autores destacam que a utilização de mapas conceituais foi aprovada pela maioria dos participantes, inclusive pela docente, e os motivos que emergiram foram: “facilitar a aprendizagem do conteúdo, tornar os conteúdos mais interessantes e compreensíveis, ajudar na conexão dos assuntos abordados da disciplina e facilitar a aprendizagem” (Evangelista; Sales, 2022, p. 14).

Finalizamos esta seção apresentando uma síntese geral sobre os trabalhos analisados nas duas modalidades: “Teses e Dissertações” e “Artigos Científicos”. No primeiro caso, 5 pesquisas analisadas destacam explicitamente a importância do uso de tecnologias digitais para o ensino de equações diferenciais ordinárias, pois têm o potencial de facilitar a compreensão dos conceitos por meio de atividades contextualizadas. Por exemplo, Javaroni (2009), Oliveira (2014) e Silva (2016) apontam que o uso do GeoGebra, *Winplot*, *Maple*, *Modellus* e *Excel* possibilita aos estudantes, explorarem o comportamento gráfico das soluções de equações diferenciais ordinárias. Também podemos destacar outras três abordagens que, de certa maneira, têm proximidade: a aprendizagem baseada em problemas (1 trabalho), situações-problema contextualizadas (4 pesquisas) e a modelagem matemática (4 investigações), conforme, por exemplo, as investigações exploradas por Xavier (2016), Freire (2017) e Araújo (2020), nas quais os autores enfatizam que essas abordagens viabilizam a conexão entre a teoria e possíveis aplicabilidades em situações do contexto do aluno e, portanto, podem promover uma compreensão mais aprofundada do conceito de equações diferenciais ordinárias.

A partir da análise dos artigos científicos, emergiram alguns pontos em comum. Por exemplo, as pesquisas de Dullius, Veit e Araújo (2013) e de Oliveira e Igliori (2013) evidenciam a dificuldade dos alunos com relação aos conceitos matemáticos, tais como confundir quantidade com taxa de variação da quantidade. Outro aspecto que emergiu na análise dos trabalhos diz respeito às abordagens de ensino por meio de soluções gráficas e numéricas. Além disso, também foi observada a utilização da modelagem matemática em quatro trabalhos, que normalmente se dava de forma integrada com o uso de recursos computacionais. Em síntese, os trabalhos analisados discutem desde as dificuldades dos estudantes até a proposição de abordagens didáticas envolvendo modelagem matemática, situações-problema e exploração de soluções gráficas e numéricas. Em ambos os casos, há a inserção de tecnologias digitais nos ambientes de sala de aula.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, buscamos realizar um estado da arte com o objetivo de realizar um mapeamento das produções acadêmicas sobre ensino de equações diferenciais ordinárias. Para isso, foi realizada uma busca nos catálogos oficiais de teses e dissertações, bem como no portal de periódicos da CAPES. A pesquisa aponta que ainda não há muitos trabalhos desenvolvidos sobre essa temática, o que pode indicar que ainda há o que ser discutido sobre ensino de equações diferenciais ordinárias.

Agora, retomando as questões norteadoras dessa pesquisa: Quanto ao ensino de equações diferenciais ordinárias, o que dizem as pesquisas? Quais abordagens de ensino têm sido utilizadas? Quais são as possibilidades investigativas sobre o ensino de equações diferenciais ordinárias? Observamos que, entre as pesquisas analisadas, as investigações estão concentradas em abordagens de ensino por meio de análise qualitativa de modelos matemáticos clássicos, situações-problema, Aprendizagem Baseada em Problema (*Problem-Based Learning*), bem como na resolução de problemas relacionados à Engenharia. A maioria dos estudos é dedicada ao ensino de equações diferenciais ordinárias de primeira ordem, utilizando os modelos clássicos de crescimento populacional e decaimento.

Outro fator em comum entre as pesquisas analisadas é o uso de abordagens de ensino com foco na interpretação gráfica e numérica das soluções das equações diferenciais de primeira ordem. Além disso, as pesquisas também fizeram uso de recursos computacionais como ferramenta para auxiliar na interpretação das soluções; os softwares mais utilizados foram o *GeoGebra*, *Maple*, *Winplot*, *Modellus* e planilhas eletrônicas. Com esses recursos, os pesquisadores potencializaram a utilização da abordagem qualitativa, pois suas interfaces e funcionalidades possibilitaram a exploração dos aspectos gráficos e numéricos das soluções, além do conceito de campo de direção.

A maioria dos trabalhos abordou questões que envolviam equações diferenciais ordinárias de primeira ordem. Este fato está de acordo com os dados da pesquisa de Lopes (2021). Assim, podemos dizer que o foco da maioria das pesquisas analisadas não era o ensino de equações de segunda ordem.

Os autores também evidenciaram algumas dificuldades comuns no desenvolvimento das atividades propostas. Uma das dificuldades relatadas foi a resistência inicial dos alunos com relação à utilização de determinada metodologia de ensino. Outra dificuldade recorrente diz

respeito à fragilidade dos alunos com relação a conceitos básicos necessários para o ensino e aprendizagem de equações diferenciais ordinárias.

Os trabalhos indicam que é possível combinar, equilibradamente, as estratégias de ensino com abordagens qualitativas e interpretativas com o modelo clássico de ensino, onde o foco principal é a solução analítica das equações diferenciais ordinárias. Ou seja, a combinação dessas estratégias de ensino pode contribuir para um aprendizado mais consistente dos conceitos.

Nesse sentido, destacamos que a aplicação prática dessas abordagens implica algumas necessidades específicas, tais como disponibilidade de infraestrutura tecnológica adequada, flexibilidade nos currículos escolares e, principalmente, formação docente que capacite o professor a realizar o uso didático de softwares matemáticos, bem como capacitação técnica quanto ao conteúdo a ser abordado. Adicionalmente, a resistência dos estudantes, conforme sinalizado nas pesquisas, também se constitui como um desafio que precisa ser superado, exigindo que o docente adote estratégias mediadoras que possam favorecer a transição entre práticas convencionais e abordagens que priorizem o ensino contextualizado da matemática, fomentando o desenvolvimento crítico e autônomo do aluno.

Do ponto de vista das lacunas de pesquisa, a partir da análise dos trabalhos investigados, destacamos que as investigações estão predominantemente centradas em equações diferenciais ordinárias de primeira ordem, indicando que o ensino de equações de segunda ordem, bem como de sistemas de equações diferenciais, tem sido pouco explorado. Dessa forma, a possibilidade de aprofundar os estudos desses conceitos de forma integrada a contextos aplicados, como Engenharia, Física e Economia, dentre outros, pode se constituir como campo profícuo para futuras investigações no âmbito da educação matemática. Cabe destacar que essa integração pode ser desenvolvida por meio da utilização de elementos da modelagem matemática como abordagem de ensino.

Outra possibilidade seria investigar o desenvolvimento de atividades investigativas integradas ao uso didático de recursos digitais para explorar situações envolvendo tanto o conceito de sistemas de equações diferenciais ordinárias, quanto o de equações de segunda ordem. Por fim, também poderiam ser desenvolvidas pesquisas problematizando as implicações pedagógicas dessas abordagens nas salas de aula, evidenciando suas contribuições no processo de ensino e aprendizagem de matemática.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. L.; BENTO, S. S.; MARCHI, C. H. Movimento vertical de minifoguetes: equações de trajetórias e análises gráficas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 43, p. 1-12, 2021. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0479>.

ALVES, F. R. V. Engenharia Didática (ED): análises preliminares e a priori para a equação diferencial de Claireaut. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**. v. 15, n. 2, p. 1-33, 2020. <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2020.e73690>

ALVES, F. R. V. Engenharia didática (análises preliminares e análise a priori): o caso das equações diferenciais de segunda ordem. **ENCITEC – Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**. v. 6, n. 2, p. 1-22, 2016.

<https://srvapp2s.santoangelo.uri.br/seer/index.php/encitec/article/view/1827/972>

ARAÚJO, S. A. de. **Utilizando a dimensão sociocrítica da modelagem matemática no ensino de equações diferenciais para o curso de licenciatura em matemática**. 2020. 198 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Federal De Ouro Preto, Ouro Preto, 2020. <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/13067>

BARROS FILHO, A. A. **A resolução de problemas físicos com equações diferenciais ordinárias lineares de 1^a e 2^a ordem**: Análise gráfica com o software Maple. 2012. 217 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. https://bib.pucminas.br/teses/EnCiMat_BarrosFilhoAA_1.pdf.

BARROS, M. C. de.; KATO, L. A.; TRGALOVA, J. A relevância do registro gráfico no ensino e na aprendizagem das equações diferenciais ordinárias. **REVEMAT – Revista Eletrônica De Educação Matemática**. v. 15, n. 2, p. 1-23, 2020. <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2020.e74122>.

BUENO, R. W. da S.; BALLEJO, C. C.; VIALI, L. Equações Diferenciais Ordinárias, Newton E O Bolo De Chocolate: Modelagem Matemática Na Educação. **TANGRAM - Revista De Educação Matemática** v. 4, n. 2, p. 30-58, 2021. <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/tangram/article/view/10566>

BUERI, J. W. S. **Análise de fenômenos físicos no ensino de equações diferenciais ordinárias de primeira ordem em cursos de engenharia**. 2019. 117 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. https://bib.pucminas.br/teses/EnsinoDeCienciasEMatematica_JonathanWevertonSilvaBueri_7795.pdf.

DULLIUS, M. M.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. Â. Dificuldades dos alunos na aprendizagem de equações diferenciais ordinárias. **Alexandria – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**. v. 6, n. 2, p. 207-228, 2013. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37999/29000>.

EVANGELISTA, T. da S.; SALES, A. B. de. Percepção e sugestão do uso de mapas

conceituais em equações diferenciais ordinárias. **Revista Docênciā do Ensino Superior**. v. 12, p. 1-18, 2022. <https://doi.org/10.35699/2237-5864.2022.35419>.

EVANGELISTA, T. da S.; OLIVEIRA, L.; SALES, A. B. de. Aprendo, aplicativo de celular para melhorar a aprendizagem de equações diferenciais ordinárias de 1^a ordem. **RIESup – Revista Internacional de Educação Superior**. v. 8, p. 1-20, 2021. <https://doi.org/10.20396/riesup.v8i00.8658629>.

FERREIRA, N. S. de A. As pesquisas denominadas “estado da arte”. **Educação & Sociedade**, ano 23, nº 79, p. 257-272, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0101-73302002000300013>.

FIORENTINI, D.; CRECCI, V. M. Metassíntese de pesquisas sobre conhecimentos/saberes na formação continuada de professores que ensinam matemática. **Zetetike**. v. 25, n. 1, p. 164-185, 2017. <https://doi.org/10.20396/zet.v25i1.8647773>.

FREIRE, T. B. P. **Uma unidade de ensino potencialmente significativa para o estudo de equações diferenciais ordinárias**. 2017. 187 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017. <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3048>.

IGLIORI, S. B. C.; ALMEIDA, M. V. de. Desenvolvendo abordagens de ensino para conceitos de cálculo diferencial e integral com geogebra. **Educação e Fronteiras**. v. 8, n. 23, p. 164-175, 2018. <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/educacao/article/view/9450>.

IGLIORI, S. B. C.; ALMEIDA, M. V. Aplicações para o Ensino de Equações Diferenciais. **Alexandria – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**. v. 10, n. 1, p. 257-270, 2017. <http://dx.doi.org/10.5007/1982-5153.2017v10n1p257>.

IGLIORI, S. B. C.; ALMEIDA, M. V. de. Abordagens de ensino para conceitos do cálculo diferencial e integral. **Metáfora Educacional**. v. 16, p. 44-63, 2015. https://www.valdeci.bio.br/pdf/n16_2015/igliori_almeida_abordagens_de_ensino_n16_jun2015.pdf.

JAVARONI, S. L. **Abordagem geométrica**: possibilidades para o ensino e aprendizagem de Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias. 2007. 230 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2007. <http://hdl.handle.net/11449/102149>.

LOPES, A. P. C. Modelagem matemática e equações diferenciais: um mapeamento das pesquisas em educação matemática. **REnCiMa - Revista de Ensino de Ciências E Matemática**. v. 12, n. 4, p. 1-25, 2021. <https://doi.org/10.26843/renxima.v12n4a16>.

LOPES, G. A. C.; COTTA, E. A.; FONSECA FILHO, H. D. Equações diferenciais aplicadas à microscopia de força atômica: uma estratégia para o ensino de mecânica clássica na graduação. **Latin-American Journal of Physics Education**. V. 9, n. 3, p. 43-48, 2015. http://www.lajpe.org/sep15/LAJPE_9_3.pdf.

MACEDO, N. D. de. **Iniciação a pesquisa bibliográfica**: guia do estudante para a

fundamentação do trabalho de pesquisa. São Paulo, Loyola, 1994.

OLIVEIRA, E. A. de. **Uma engenharia didática para abordar o conceito de equação diferencial em cursos de engenharia.** 2014. 159 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2014.
<https://tede2.pucsp.br/handle/handle/11018>.

OLIVEIRA, E. A. de.; IGLIORI, S. B. C. Ensino e aprendizagem de equações diferenciais: um levantamento preliminar da produção científica. **Em Teia.** V. 4, n. 2, p. 1-24, 2013.
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/emteia/article/view/2231>.

RASMUSSEN, C. New directions in differential equations A framework for interpreting students' understandings and difficulties. **Journal of Mathematical Behavior**, V. 20, n. 1, p.55-87, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(01\)00062-1](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(01)00062-1)

ROWLAND, D. R.; JOVANOSKI, Z. Student interpretations of the terms in first-order ordinary differential equations in modelling contexts. **International Journal of Mathematical Educations in Science and Technology**, V. 35, n. 4, p. 503-516, 2004.
<https://doi.org/10.1080/00207390410001686607>.

SÁ, M. S. de. **Equações diferenciais Ordinárias: aplicações e uma proposta de intervenção no ensino básico.** 2019. 138 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.
<http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/11593>.

SILVA, E. V. da. **Contribuições da modelagem matemática e das tecnologias para o ensino de equações diferenciais ordinárias.** 2016. 140 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física e Matemática) – Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2016.
<http://www.tede.universidadefranciscana.edu.br:8080/handle/UFN-BDTD/691>.

SOUZA, Ana Caroline Lima de; GONÇALVES, Carolina Brandão. O uso de tecnologias na educação e no ensino de ciências a partir de uma pesquisa bibliográfica. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, v. 7, n. 3, p. 256–276, 2020. DOI: [10.26571/reamec.v7i3.9256](https://doi.org/10.26571/reamec.v7i3.9256). Disponível em:
<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/9256>.

SOUZA, G. M. de. **Uma estratégia metodológica para a introdução de um curso de equações diferenciais ordinárias.** 2011. 143 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
https://bib.pucminas.br/teses/EnCiMat_SouzaGM_1.pdf.

SOUZA, C. F. **Equações diferenciais ordinárias na modelagem e solução de problemas de engenharia.** 2018. 93 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.
<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/8922>.

SUMBANE, Francisco Sebastião; KALHIL, Josefina Barrera. Um recorte do estado da arte sobre análise de erros no processo de ensino e aprendizagem do cálculo diferencial e integral. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, v.

8, n. 3, p. 483–497, 2020. DOI: [10.26571/reamec.v8i3.9983](https://doi.org/10.26571/reamec.v8i3.9983). Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/9983>.

XAVIER, P. H. F. Ensino de equações diferenciais ordinárias baseado no método PBL (Project/Problem-Based Learning), integrado a modelagem computacional com a simulação. 2016 86 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial) – Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2016. https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3105773.

APÊNDICE 1 – INFORMAÇÕES SOBRE O MANUSCRITO

AGRADECIMENTOS

Não se aplica.

FINANCIAMENTO

Não se aplica.

CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

Resumo/Abstract/Resumen: Odair José Teixeira da Fonseca

Introdução: Odair José Teixeira da Fonseca

Referencial teórico: Odair José Teixeira da Fonseca

Análise de dados: Odair José Teixeira da Fonseca e Maria Madalena Dullius

Discussão dos resultados: Odair José Teixeira da Fonseca e Maria Madalena Dullius

Conclusão e considerações finais: Odair José Teixeira da Fonseca e Maria Madalena Dullius

Referências: Odair José Teixeira da Fonseca

Revisão do manuscrito: Odair José Teixeira da Fonseca e Maria Madalena Dullius

Aprovação da versão final publicada: Odair José Teixeira da Fonseca e Maria Madalena Dullius

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declararam não haver nenhum conflito de interesse de ordem pessoal, comercial, acadêmica, política e financeira referente a este manuscrito.

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

O conjunto de dados que dá suporte aos resultados da pesquisa foi publicado no próprio artigo.

PREPRINT

Não publicado.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

COMO CITAR - ABNT

FONSECA, Odair José Teixeira da; DULLIUS, Maria Madalena. Ensino de equações diferenciais ordinárias: um estudo bibliográfico. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**. Cuiabá, v. 13, e25037, jan./dez., 2025. <https://doi.org/10.26571/reamec.v13.20120>

COMO CITAR - APA

Fonseca, O. J. T. da & Dullius, M. M. (2025). Ensino de equações diferenciais ordinárias: um estudo bibliográfico. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 13, e25037. <https://doi.org/10.26571/reamec.v13.20120>

DIREITOS AUTORAIS

Os direitos autorais são mantidos pelos autores, os quais concedem à Revista REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática - os direitos exclusivos de primeira publicação. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicado neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico. Os editores da Revista têm o direito de realizar ajustes textuais e de adequação às normas da publicação.

POLÍTICA DE RETRATAÇÃO - CROSSMARK/CROSSREF

Os autores e os editores assumem a responsabilidade e o compromisso com os termos da Política de Retratação da Revista REAMEC. Esta política é registrada na Crossref com o DOI: <https://doi.org/10.26571/reamec.retratacao>



OPEN ACCESS

Este manuscrito é de acesso aberto ([Open Access](#)) e sem cobrança de taxas de submissão ou processamento de artigos dos autores (*Article Processing Charges – APCs*). O acesso aberto é um amplo movimento internacional que busca conceder acesso online gratuito e aberto a informações acadêmicas, como publicações e dados. Uma publicação é definida como 'acesso aberto' quando não existem barreiras financeiras, legais ou técnicas para acessá-la – ou seja, quando qualquer pessoa pode ler, baixar, copiar, distribuir, imprimir, pesquisar ou usá-la na educação ou de qualquer outra forma dentro dos acordos legais.



LICENÇA DE USO

Licenciado sob a Licença Creative Commons [Attribution-NonCommercial 4.0 International \(CC BY-NC 4.0\)](#). Esta licença permite compartilhar, copiar, redistribuir o manuscrito em qualquer meio ou formato. Além disso, permite adaptar, remixar, transformar e construir sobre o material, desde que seja atribuído o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico.



VERIFICAÇÃO DE SIMILARIDADE

Este manuscrito foi submetido a uma verificação de similaridade utilizando o *software* de detecção de texto [iThenticate](#) da Turnitin, através do serviço [Similarity Check](#) da Crossref.



PUBLISHER

Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECEM) da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC). Publicação no [Portal de Periódicos UFMT](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da referida universidade.



EDITOR

Dailson Evangelista Costa  

AVALIADORES

Polyanna Possani da Costa Petry  

Luzitânia Dall'Agnol  

HISTÓRICO

Submetido: 06 de agosto de 2025.

Aprovado: 16 de setembro de 2025.

Publicado: 26 de novembro de 2025.
