

Dificuldades nos processos de ensino e de aprendizagem de Mudanças de Coordenadas: uma análise no contexto do Cálculo Integral

Pedro Aurélio Cardoso da Silva

Universidade Estadual de Montes Claros
Montes Claros, MG — Brasil

✉ pedrocel60@gmail.com

📄 0009-0009-1243-9508

Janine Freitas Mota

Universidade Estadual de Montes Claros
Montes Claros, MG — Brasil

✉ janine.mota@unimontes.br

📄 h0000-0003-1653-9521



2238-0345 

10.37001/ripec.v14i4.4367 

Recebido • 05/10/2024

Aprovado • 13/11/2024

Publicado • 20/12/2024

Editor • Gilberto Januario 

Resumo: O estudo teve como eixo de discussão as dificuldades enfrentadas por professores e estudantes no ensino e na aprendizagem de mudanças de coordenadas. Com abordagem qualitativa, realizou-se uma revisão sistemática da literatura a partir de seleção de teses, dissertações e artigos sobre o tema. Onze produções acadêmicas chegaram à fase final da seleção, tendo em vista o objetivo geral de analisar o emprego de tecnologias digitais no ensino de mudanças de coordenadas em Integrais Múltiplas, em teses, dissertações e artigos científicos, com foco nas dificuldades relatadas sobre os processos de ensino e de aprendizagem. Com a análise, foram identificadas dificuldades comuns na aprendizagem do Cálculo Integral, como a dificuldade de visualização e compreensão dos processos de integração, e a falta de exercícios contextualizados. Os estudos indicam que ferramentas digitais como o GeoGebra ajudaram a superar algumas dessas dificuldades, proporcionando melhor visualização dos objetos matemáticos.

Palavras-chave: Mudança de Coordenadas. Cálculo Integral. Ensino de Cálculo. Revisão de Literatura.

Difficulties in the teaching and learning processes of Coordinate Changes: an analysis in the context of Integral Calculus

Abstract: The study's axis of discussion was the difficulties faced by teachers and students in teaching and learning Coordinate Changes. With a qualitative approach, a Systematic Literature Review was carried out based on a selection of theses, dissertations and articles on the topic. Eleven academic productions reached the final stage of selection, with the general objective of analyzing the use of Digital Technologies in teaching Coordinate Changes in Multiple Integrals, in theses, dissertations and scientific articles, focusing on the difficulties reported about the processes of teaching and learning. With the analysis, common difficulties in learning Integral Calculus were identified, such as the difficulty in visualizing and understanding the integration processes, and the lack of contextualized exercises. Studies indicate that digital tools such as GeoGebra helped to overcome some of these difficulties, providing better visualization of mathematical objects.

Keywords: Change of Coordinates. Integral Calculus. Calculus Teaching. Literature Review.

Dificultades en los procesos de enseñanza y aprendizaje de Cambios Coordinados: un análisis en el contexto del Cálculo Integral

Resumen: El eje de discusión del estudio fueron las dificultades que enfrentan docentes y estudiantes en la enseñanza y el aprendizaje de Cambios Coordinados. Con un enfoque

cualitativo, se realizó una Revisión Sistemática de la Literatura a partir de una selección de tesis, disertaciones y artículos sobre el tema. Once producciones académicas llegaron a la etapa final de selección, con el objetivo general de analizar el uso de las Tecnologías Digitales en la enseñanza de Cambios de Coordenadas en Integrales Múltiples, en tesis, disertaciones y artículos científicos, centrándose en las dificultades reportadas sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje. Con el análisis se identificaron dificultades comunes en el aprendizaje del Cálculo Integral, como la dificultad para visualizar y comprender los procesos de integración, y la falta de ejercicios contextualizados. Los estudios indican que herramientas digitales como GeoGebra ayudaron a superar algunas de estas dificultades, proporcionando mejor visualización de los objetos matemáticos.

Palabras clave: Cambio de Coordenadas. Cálculo Integral. Enseñanza del Cálculo. Revisión de Literatura.

1 Introdução

O Cálculo Diferencial e Integral é uma disciplina central no Ensino Superior, relacionada às Ciências Exatas, desempenhando um importante papel em diversas áreas do conhecimento, como Física, Economia, Engenharia, Medicina e Computação, entre outras. Esse campo da Matemática é uma ferramenta essencial para a resolução de problemas que foram modelados matematicamente ao longo da história, como o cálculo da medida da área de superfícies, exemplificado pelo Papiro Egípcio de Moscou. Com o passar do tempo, o Cálculo foi refinado e ampliado por novas ideias e pelo aperfeiçoamento do trabalho desenvolvido por matemáticos de gerações anteriores, consolidando-se como uma disciplina indispensável para a aplicação da Matemática em problemas complexos e multidisciplinares (Sypniewski & Schubring, 2023).

Diante da importância do Cálculo Diferencial e Integral para o Ensino Superior em Ciências Exatas, torna-se crucial aprofundar o estudo de técnicas específicas que viabilizam a resolução de problemas complexos. Entre essas técnicas, a Mudança de Coordenadas se destaca como uma importante ferramenta, especialmente em situações que envolvem simetrias ou geometrias complexas. A capacidade de transformar um sistema de coordenadas em outro mais adequado à simetria do problema não apenas simplifica os cálculos, mas também revela aspectos que seriam difíceis de identificar utilizando métodos convencionais. Dessa forma, a Mudança de Coordenadas não é apenas um recurso técnico, mas uma estratégia conceitual que potencializa o entendimento e a aplicação prática do Cálculo Integral em diversos campos do conhecimento.

Essas ferramentas são fundamentais em disciplinas como Física e Engenharia, em que o Cálculo Integral é utilizado para determinar grandezas como trabalho, energia e volumes, e a técnica de mudanças de coordenadas facilita a resolução de problemas em sistemas com simetrias específicas. No entanto, a complexidade desses tópicos, que envolve a abstração de conceitos como a visualização dos processos de integração e a aplicação prática das mudanças de coordenadas em diferentes contextos, apresenta desafios significativos tanto para estudantes quanto para professores (Macêdo & Gregor, 2020; Malacarne *et al.*, 2023).

Muitos estudantes se esforçam para compreender esses conceitos abstratos, como a transição entre diferentes sistemas de coordenadas — polares, cilíndricas, esféricas — e a aplicação desses sistemas na resolução de problemas de Engenharia e Física. A dificuldade em visualizar e aplicar esses processos é exacerbada pela falta de recursos educacionais que promovam um entendimento contextualizado (Oliveira, Ramos, Carneiro & Landi Júnior,

2020). Recursos como simulações interativas, modelos tridimensionais e exemplos práticos que conectam a teoria à prática poderiam auxiliar nesse processo, mas são frequentemente subutilizados ou inexistentes em muitas salas de aula.

Nos últimos anos, o uso de tecnologias digitais no ensino tem sido apontado como uma estratégia promissora para enfrentar alguns desses desafios. Aplicativos como o GeoGebra oferecem oportunidades para visualizar conceitos matemáticos de forma interativa, permitindo que os estudantes explorem visualmente a integração e as mudanças de coordenadas em tempo real. Por exemplo, ao manipular gráficos e superfícies em um ambiente digital, os estudantes podem observar como diferentes sistemas de coordenadas afetam a solução de um problema, o que potencialmente facilita a compreensão e aplicação dos conceitos.

Porém, há uma carência de pesquisas que investiguem o impacto dessas tecnologias no ensino de mudanças de coordenadas em Integrais Múltiplas. O estudo aqui apresentado busca preencher essa lacuna ao analisar o emprego das tecnologias digitais no ensino do Cálculo Integral, destacando as dificuldades encontradas no processo de ensino e de aprendizagem das mudanças de coordenadas nesse contexto. Abordar essas dificuldades é essencial, pois, se não forem superadas, podem comprometer o desempenho dos estudantes e sua preparação para desafios profissionais futuros, além de limitar o avanço em disciplinas mais complexas.

No estudo, dado o objetivo de analisar o emprego das tecnologias digitais no ensino do Cálculo Integral, destacando as dificuldades encontradas no processo de ensino e de aprendizagem das mudanças de coordenadas, conduzimos uma discussão a partir de uma revisão sistemática de literatura.

A revisão sistemática da literatura é um método de pesquisa que adere a protocolos específicos, envolvendo uma compreensão estruturada de um extenso conjunto de documentos, com o propósito de avaliar a eficácia e a ineficácia de abordagens em um contexto particular (Galvão & Ricarte, 2019). Nesse contexto, o conjunto de documentos utilizados para o estudo consistiu em onze produções acadêmicas, incluindo teses, dissertações e artigos científicos, que forneceram a base para a análise acerca do uso de tecnologias digitais no ensino do Cálculo Integral.

Na próxima seção, são delineados os métodos empregados, abrangendo a listagem das produções acadêmicas escolhidas. Em seguida, seguem as análises e discussões em relação ao *corpus* da pesquisa e, por fim, as considerações finais do artigo.

2 Metodologia

Para estruturar a investigação, incorporamos elementos da Engenharia Didática, conforme descrito por Artigue (1996). Essa metodologia se destaca pela abordagem metódica na organização dos procedimentos metodológicos da pesquisa, cobrindo desde os fundamentos teóricos até as práticas experimentais. A capacidade de unir a pesquisa teórica com a prática educativa experimental é uma das vantagens marcantes dessa metodologia de investigação.

De acordo com Artigue (1996), a Engenharia Didática consiste em quatro fases que não necessariamente seguem uma sequência linear. Em certos momentos, é necessário que esses elementos sejam articulados e até mesmo sobrepostos para aperfeiçoar a condução do processo pedagógico. A fase inicial de análise, denominada análise preliminar, tem como objetivo compreender o contexto educacional, identificando os obstáculos que dificultam a aprendizagem. Com base nessa análise, durante a fase de concepção e análise *a priori*, são elaboradas atividades didáticas, prevendo possíveis reações e dificuldades dos estudantes. A

fase de experimentação implementa essas atividades, ajustando-as conforme a interação dos estudantes. Finalmente, na análise *a posteriori*, os dados coletados são comparados com as previsões iniciais, permitindo validar ou ajustar hipóteses e fornecendo contribuições para futuras intervenções.

Neste artigo, em particular, abordamos exclusivamente a primeira fase que, segundo Machado (1999), envolve uma avaliação do arcabouço teórico geral da didática e dos conhecimentos prévios já estabelecidos, bem como outras investigações preliminares. Durante essa etapa, examinamos o uso de tecnologias digitais no ensino de mudanças de coordenadas em Integrais Múltiplas por meio de um levantamento bibliográfico. O intuito foi investigar as produções acadêmicas que abordam essa temática, destacando as dificuldades mais comuns encontradas tanto por professores quanto por estudantes nos processos de ensino e de aprendizagem. Esse levantamento proporcionou uma visão detalhada dos desafios associados à integração dessas tecnologias no ambiente educacional, além de evidenciar as áreas em que essas ferramentas podem ser mais eficazes para facilitar a compreensão dos conceitos matemáticos envolvidos.

Para tanto, realizamos uma revisão sistemática da literatura sobre o ensino do Cálculo Integral com o auxílio de tecnologias digitais. Ramos, Faria e Faria (2014) enfatizam que essa revisão é uma técnica valiosa na área da educação e sugerem sua aplicação na Educação, assim como em outras áreas do conhecimento. Seguindo essa orientação, confirmamos a afirmação dos autores de que “deveremos, [...], definir critérios, métodos precisos e sistemáticos, por forma a identificar as fontes bibliográficas com o máximo rigor, grau de eficiência e confiança no nosso trabalho” (p. 19-20).

Ramos, Faria e Faria (2014) apresentam oito etapas para construção da revisão sistemática. Para a pesquisa aqui apresentada, subsidiados pelas etapas desses pesquisadores, adaptamos para quatro etapas essenciais: 1) elaboração de um protocolo de busca que se alinhasse aos objetivos e ao problema de pesquisa; 2) realização da busca nas fontes selecionadas; 3) triagem dos materiais encontrados; 4) análise e discussão do *corpus* final da pesquisa.

Para a seleção do *corpus* da pesquisa, desenvolvemos um protocolo de busca que incluiu informações como o objetivo da revisão, a pergunta de pesquisa, critérios cronológicos, a base de dados utilizada e a combinação de descritores (palavras-chave) usados na busca. Os descritores foram *Cálculo Integral*, *Integrais Múltiplas* e *Integral Definida*. No protocolo, detalhamos os critérios de inclusão e exclusão empregados na busca. Ressaltamos que seguimos a abordagem recomendada por Ramos, Faria e Faria (2014), registrando todas as etapas do processo de pesquisa.

A pesquisa foi conduzida de maneira transparente e objetiva, fornecendo uma descrição detalhada do processo de busca e seleção de cada trabalho. Após selecionarmos as produções acadêmicas com os descritores mencionados, realizamos uma triagem em quatro etapas: análise do título, palavras-chave, resumo e, finalmente, leitura completa do trabalho.

Para escolher as teses e dissertações, utilizamos o Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e a BDTD como fonte de pesquisa. Na escolha dos artigos científicos, conduzimos uma pesquisa no portal da *Scientific Electronic Library Online – SciELO*. Durante essa seleção, configuramos os critérios de data de publicação para abranger o período de 2018 a 2022, visando encontrar pesquisas recentes. O Quadro 1 apresenta o protocolo de busca.

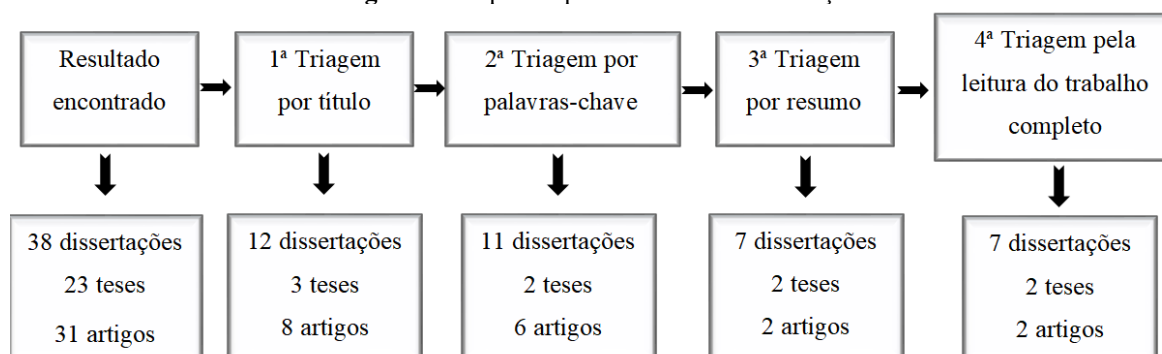
Quadro 1: Protocolo de busca

Objetivo da revisão	Analisar o emprego das tecnologias digitais no ensino do Cálculo Integral, destacando as dificuldades encontradas no processo de ensino e de aprendizagem das mudanças de coordenadas.
Questão norteadora	Como as tecnologias digitais têm sido empregadas no ensino do Cálculo Integral e quais desafios e dificuldades são evidenciados na aprendizagem das mudanças de coordenadas, segundo a revisão sistemática de literatura?
Parâmetro cronológico	2018 a 2022
Descritores (palavras-chave)	Integrais Múltiplas; Cálculo Integral; Integral Definida.
Crítérios de inclusão	Produções acadêmicas no idioma português; Produções acadêmicas publicadas dentro dos parâmetros cronológicos; Produções acadêmicas que abordam o uso de tecnologias digitais no ensino do Cálculo Integral. Produções acadêmicas que tiveram o Ensino Superior como objeto de estudo.
Crítérios de exclusão	Produções acadêmicas em outro idioma; Produções acadêmicas que foram publicadas em anos diferentes dos parâmetros cronológicos; Produções acadêmicas que não abordam o uso de tecnologias digitais no ensino do Cálculo Integral. Produções acadêmicas que não tiveram o Ensino Superior como objeto de estudo.

Fonte: Elaboração própria (2023)

Após a criação do protocolo de pesquisa, avançamos para a próxima etapa do estudo, que envolveu a inclusão dos descritores no mecanismo de busca *on-line*. Posteriormente, procedemos à avaliação e à seleção das produções acadêmicas encontradas. A seguir, apresentamos um esquema, na Figura 1, que fornece um panorama das conclusões obtidas em cada fase da triagem das produções acadêmicas.

Figura 1: Etapas do processo de busca e seleção



Fonte: Elaboração própria (2023)

Com base nas produções acadêmicas identificadas pela pesquisa, conforme detalhado

na Figura 1, foi desenvolvido o Quadro 2, que representa o *corpus* final das produções escolhidas. O quadro foi organizado em cronologia ascendente, ordenando a partir do ano de publicação, seguido por título, autores e a instituição à qual o trabalho está afiliado.

Quadro 2: *Corpus* final das teses e dissertações

Ano de Publicação	Tipo	Título	Autor	Instituição ou Periódico
2017	A	Sala de Aula Invertida: a análise de uma experiência na disciplina de Cálculo I	Elisangela Pavanelo Renan Lima	Bolema
2018	D	Discutindo o ensino de Integrais Múltiplas no Cálculo de Várias Variáveis: contribuições do GeoGebra 3D para a aprendizagem	Márcio Antônio Cometti	Universidade Federal de Ouro Preto
2018	D	Utilização do <i>software</i> Maple para o cálculo de áreas e volumes	Silvimar Fabio Ferreira	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
2018	T	O jogo das operações semióticas na aprendizagem da Integral Definida no cálculo de área	Lucia Menoncini	Universidade Federal de Santa Catarina
2019	D	Atividades para estudo de Integrais em um ambiente de ensino híbrido	Rodrigo Tavares da Silva	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
2019	D	A utilização do GeoGebra no estudo dos conceitos de limite, derivada e integral definida	Fredson Valois Coutinho da Rocha	Universidade Federal do Vale do São Francisco
2020	D	O uso do GeoGebra no cálculo de área: um produto educacional no cálculo de área do Lago Azul de Araguaína-TO	Francisco Djalma da Silva Paulo	Universidade Federal do Tocantins
2021	D	Expandindo telas e contando experiências em educação matemática com o GeoGebra: da sensibilidade do toque à produção de conceitos de Integrais Múltiplas com o smartphone	Victor Ferreira Ragoni	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
2021	D	Gestão de tarefas e desenvolvimento de crivos de superfícies utilizando o <i>software</i> Maple: uma proposta para o estudo de Cálculo de Integrais Múltiplas no ensino superior	Carolina Ribeiro de Almeida	Universidade Estadual de Santa Cruz
2021	T	Um estudo ontossemiótico sobre	Janine Freitas	Pontifícia

		os conhecimentos didático-matemáticos de aplicações da Integral Definida com estudantes de Matemática	Mota	Universidade Católica de São Paulo
2021	A	Utilização do aplicativo “Waze” no cálculo de distância por meio da integral definida	Leila Thomazelli Thieghi	Revista Brasileira de Ensino de Física

Fonte: Elaboração própria (2023)

Ao encerrar a coleta de dados para compor o *corpus* da pesquisa, selecionamos sete dissertações, duas teses e dois artigos. A discussão dos processos de ensino e de aprendizagem do Cálculo Integral evoluiu nessas produções ao longo dos anos, com foco crescente em inovações pedagógicas e tecnológicas para facilitar a compreensão de conceitos.

Na próxima seção, apresentamos as contribuições de cada obra para a pesquisa, assim como os aspectos destacados pelos autores.

3 Análise

Foram desenvolvidas categorias de análise para esta revisão sistemática de literatura que incluem:

- tecnologias digitais: explorando o papel de ferramentas tecnológicas no ensino de Cálculo Integral, com base na frequência e diversidade do uso de tecnologias mencionadas nas produções acadêmicas selecionadas;
- teorias e metodologias de ensino: análise das abordagens teórico-metodológicas adotadas, como Engenharia Didática e EOS, desenvolvidas com base nas sequências didáticas e métodos descritos;
- desafios e dificuldades: identificação dos principais obstáculos enfrentados por estudantes, baseados nas dificuldades relatadas nas produções, com destaque para:
 - dificuldades cognitivas e didáticas: os estudantes enfrentam dificuldades na transição para o pensamento algébrico, compreensão da Integral Definida e visualização de problemas tridimensionais;
 - falta de pré-requisitos: a falta de fundamentos matemáticos básicos é um obstáculo significativo, o que leva à necessidade de revisar conceitos fundamentais nas aulas de Cálculo.
- resultados de aprendizagem: avaliação dos impactos das abordagens pedagógicas no desenvolvimento das competências dos estudantes, derivada das evidências de melhoria relatadas nas pesquisas.

Com base nas categorias de análise desenvolvidas, podemos aprofundar nossa discussão sobre cada uma delas. Inicialmente, focaremos na integração das tecnologias digitais no ensino do Cálculo Integral, explorando como ferramentas, como o GeoGebra e o Maple, têm sido utilizadas para aprimorar a visualização e compreensão de conceitos fundamentais. Na sequência, discutiremos a relevância desses aplicativos, conforme destacado nas produções acadêmicas selecionadas, e como elas contribuem para superar desafios nos processos de ensino e de aprendizagem.

3.1 Tecnologias digitais

A evolução notável nas produções acadêmicas selecionadas é a integração de tecnologias digitais, como o GeoGebra e o Maple, no ensino do Cálculo Integral. O GeoGebra é amplamente utilizado para ajudar os estudantes a visualizar e interagir com conceitos de limites, derivadas e integrais definidas, enquanto o Maple é empregado em cálculos mais complexos, como medidas de áreas e volumes. Esses aplicativos facilitam uma aprendizagem interativa, promovendo a compreensão dos conceitos matemáticos de maneira prática. Autores como Cometti (2018), Ferreira (2018), Ragoni (2021) e Thieghi (2021) destacam como essas ferramentas digitais podem ajudar na compreensão de conceitos, com o auxílio da visualização, facilitando a compreensão de Integrais Múltiplas e cálculo de medida de áreas.

Os trabalhos de Cometti (2018) e Ragoni (2021) destacam a importância do GeoGebra, em sua versão 3D, no ensino de Cálculo. Cometti (2018) informa que a utilização do GeoGebra 3D no ensino de Integrais Múltiplas possibilita maior interação do estudante com o conteúdo, permitindo melhor visualização das superfícies envolvidas. Esse tipo de abordagem é fundamental, especialmente em tópicos mais abstratos do Cálculo, em que a representação visual pode auxiliar significativamente na compreensão dos conceitos.

No entanto, esses autores também apontam desafios importantes. Ragoni (2021), por exemplo, ressalta que a resistência dos professores em adotar novas tecnologias, muitas vezes, está associada à falta de familiaridade e à ausência de uma formação específica para o uso dessas ferramentas. Essa observação evidencia a necessidade de uma formação continuada dos docentes para que possam integrar essas tecnologias de maneira eficaz em suas práticas pedagógicas.

Thieghi (2021) explora o uso do aplicativo Waze para o cálculo de distâncias por meio de integrais definidas. Esse trabalho mostra como tecnologias que não são originalmente desenvolvidas para o ensino podem ser adaptadas para esses fins. O pesquisador afirma que, ao utilizar o Waze, os estudantes conseguem perceber a aplicação prática das integrais definidas, tornando o aprendizado mais significativo. Contudo, ele também aponta para os desafios de implementação, como a necessidade de adaptar o currículo e a resistência de parte dos professores em alterar suas metodologias de ensino.

Almeida (2021) e Ferreira (2018) discutem a aplicação de *softwares* como Maple, que podem ajudar a simplificar cálculos complexos e permitir que os estudantes se concentrem na compreensão conceitual. Ferreira (2018) declara que, apesar dos benefícios evidentes do uso do Maple para o ensino de Cálculo, a falta de infraestrutura adequada nas escolas e universidades representa um obstáculo. Almeida (2021), por sua vez, argumenta que a adoção de *softwares* matemáticos deve ser acompanhada por um planejamento pedagógico que considere as limitações e o potencial desses recursos, para evitar que o ensino se torne excessivamente dependente da tecnologia em detrimento da compreensão conceitual.

As ferramentas tecnológicas, como GeoGebra, Maple e outros aplicativos interativos, têm o potencial de ressignificar o ensino do Cálculo. No entanto, a implementação dessas ferramentas depende de fatores como a formação adequada dos professores, a integração coerente dessas tecnologias no currículo, o acesso dos estudantes a recursos tecnológicos e a disposição para adotar novas abordagens pedagógicas que favoreçam a interação e a experimentação.

Por um lado, há a necessidade de garantir que os professores estejam capacitados para utilizar essas ferramentas de forma eficaz. Isso inclui não apenas a formação técnica, mas

também uma compreensão pedagógica de como essas tecnologias podem ser integradas de maneira a potencializar o aprendizado. Por outro lado, o acesso desigual a essas tecnologias é um desafio significativo. Ragoni (2021) atesta que a disparidade no acesso a recursos tecnológicos entre diferentes escolas e regiões pode exacerbar as desigualdades educacionais. Em muitas instituições, especialmente em áreas menos favorecidas, a falta de equipamentos adequados e de suporte técnico limita o uso de tecnologias no ensino de Cálculo. Isso não apenas impede os estudantes de acessar uma educação de qualidade, mas também pode desmotivá-los, uma vez que não veem como os conceitos matemáticos se aplicam em contextos práticos, um entendimento que as ferramentas tecnológicas podem facilitar.

Outra questão relevante é a maneira como os estudantes interagem com as tecnologias. Cometti (2018) destaca que o uso de tecnologias, como o GeoGebra, precisa ser mediado de forma a promover a formação de conceitos, e não apenas o uso superficial das ferramentas. Isso significa que os professores precisam orientar os estudantes na exploração das tecnologias, ajudando-os a conectar as representações visuais com os conceitos teóricos subjacentes. Sem essa mediação, há o risco de os estudantes utilizarem as tecnologias computacionais de forma mecânica, sem desenvolver uma verdadeira compreensão dos conceitos de Cálculo.

Em um estudo de caso, Almeida (2021) relata que, em uma turma em que o Maple foi utilizado de forma intensiva, os estudantes que receberam acompanhamento contínuo dos professores apresentaram uma compreensão significativamente maior dos conceitos em comparação com aqueles que usaram o *software* de maneira independente. Isso ressalta a importância do papel do professor na integração das tecnologias no ensino.

Além disso, a implementação eficaz de tecnologias no ensino de Cálculo requer uma abordagem pedagógica flexível. Ragoni (2021) sugere que, em vez de substituir completamente os métodos tradicionais, as tecnologias podem ser usadas como complementares que potencializam os processos de ensino e de aprendizagem. Essa abordagem híbrida permite que os professores aproveitem as vantagens das tecnologias sem abandonar as estratégias pedagógicas já comprovadamente eficazes. Assim, enquanto as tecnologias digitais oferecem oportunidades para melhorar o ensino do Cálculo, sua implementação bem-sucedida depende de uma série de fatores, incluindo a capacitação dos professores, o acesso adequado a recursos e a integração inteligente dessas ferramentas no currículo. As condições de trabalho, infraestrutura física e tecnológica da instituição são essenciais para garantir que as tecnologias não apenas facilitem o ensino, mas também contribuam para uma compreensão mais profunda e duradoura dos conceitos matemáticos por parte dos estudantes.

A seguir, exploraremos o que as produções acadêmicas revelam acerca das teorias e metodologias que, quando integradas ao uso de tecnologias, podem transformar a experiência de aprendizagem dos conceitos de Cálculo.

3.2 Teorias e metodologias de ensino

O ensino de Cálculo, tradicionalmente, tem sido orientado por estratégias metodológicas, nas quais a transmissão de conteúdo pelo professor é central, e a memorização de procedimentos pelos estudantes ocupa um papel significativo. Cometti (2018) critica essa abordagem, afirmando que ela promove uma ênfase excessiva na resolução de exercícios mecânicos, frequentemente resultando em uma compreensão superficial dos conceitos matemáticos. Ferreira (2018) complementa essa perspectiva ao argumentar que, apesar de eficazes no desenvolvimento de habilidades operacionais, esses métodos falham por não proporcionar um entendimento crítico, essencial para a aplicação do conhecimento em

situações novas e complexas.

Rocha (2019) e Silva (2019) ampliam essa discussão ao abordar as limitações dos métodos tradicionais, particularmente no desenvolvimento de habilidades de visualização e interpretação gráfica – aspectos determinantes no aprendizado do Cálculo. Esses autores sustentam que a mera transmissão de conhecimento não garante que os estudantes consigam aplicar conceitos matemáticos em contextos variados, especialmente em problemas que envolvem a interpretação de gráficos ou a visualização de formas tridimensionais. Fundamentado nessas críticas, Cometti (2018) sugere a integração de sequências didáticas como uma alternativa promissora. Essas sequências, quando planejadas e implementadas de forma cuidadosa, permitem que os estudantes construam conhecimento de maneira progressiva, facilitando a transição entre diferentes níveis de complexidade conceitual.

Em seu estudo, Ferreira (2018) defende a introdução de sequências didáticas centradas em problemas contextualizados como uma estratégia para motivar os estudantes e conectar o aprendizado teórico a aplicações práticas. Ao observar como os conceitos de Cálculo se aplicam em contextos concretos, os estudantes tendem a desenvolver uma compreensão desses conceitos e a internalizá-los com uma melhor aprendizagem. Nessa perspectiva, Rocha (2019) e Silva (2019) sugerem que a integração de sequências didáticas com abordagens, como a Engenharia Didática e a Teoria dos Registros de Representações Semióticas (TRRS), pode transformar a experiência de aprendizagem. A Engenharia Didática, especificamente, é vista como uma abordagem sistemática para o *design* e implementação de sequências de ensino que consideram tanto o conteúdo matemático quanto as dificuldades cognitivas dos estudantes.

Em seu estudo ontossemiótico (EOS), Mota (2021) investiga os conhecimentos didático-matemáticos de aplicações da Integral Definida com estudantes de Matemática. O EOS é uma teoria que analisa os processos de ensino e de aprendizagem a partir de distintas facetas, como a epistêmica, cognitiva, afetiva, interacional, mediacional e ecológica. Essa abordagem oferece um marco teórico para compreender como o conhecimento matemático é construído e transmitido em contextos educacionais.

A combinação dessas abordagens, como discutido por Menoncini (2018), pode enriquecer significativamente os processos de ensino e de aprendizagem. Ele sugere que, ao permitir que os estudantes transitem entre representações gráficas, algébricas e numéricas, essas metodologias promovem uma compreensão mais integrada e robusta dos conceitos de Cálculo. Pavanelo e Lima (2017) e Thieghi (2021), ao analisarem o impacto das metodologias ativas no ensino de Cálculo, enfatizam que a aplicação de sequências didáticas inovadoras não só facilita a compreensão dos conceitos matemáticos, mas também o desenvolvimento de habilidades críticas e analíticas, essenciais para a aprendizagem em áreas avançadas da Matemática e na aplicação dos conhecimentos em situações diversas.

A introdução dessas abordagens teórico-metodológicas, como a Engenharia Didática e o EOS, representa uma mudança de paradigma no ensino de Cálculo. Cometti (2018) e Ferreira (2018) concluem que essas abordagens não apenas melhoram a compreensão dos conceitos, mas também tornam o aprendizado mais relevante e motivador, conectando o conhecimento teórico com sua aplicação prática e ajudando os estudantes a enxergar a utilidade dos conceitos matemáticos em contextos reais.

Embora as abordagens teórico-metodológicas ofereçam estratégias para potencializar o ensino de Cálculo, sua implementação deve levar em conta as dificuldades cognitivas e didáticas que frequentemente surgem. Assim, partimos para a análise das principais dificuldades, elencadas nas produções acadêmicas selecionadas, enfrentadas no processo de

aprendizagem do Cálculo, e como as abordagens pedagógicas discutidas anteriormente podem ser ajustadas para superá-las.

3.3 Dificuldades cognitivas e didáticas

O ensino de Cálculo apresenta desafios significativos tanto para estudantes quanto para professores, especialmente no que se refere às dificuldades cognitivas e didáticas. Cometti (2018) discute como a transição para o pensamento algébrico é um dos principais obstáculos enfrentados pelos estudantes. Ele declara que muitos chegam ao Ensino Superior com uma compreensão limitada dos conceitos fundamentais de Matemática, o que dificulta a internalização dos novos conteúdos introduzidos nas disciplinas de Cálculo. Silva (2019) aprofunda essa análise ao explorar a dificuldade dos estudantes em compreender a integral definida, um conceito que exige uma combinação de habilidades de visualização e manipulação simbólica. Sem uma base sólida nesses aspectos, os estudantes repetidamente falham em entender a integral não apenas como uma área sob uma curva, mas como uma ferramenta poderosa para resolver problemas complexos em diversas áreas da Ciência e Engenharia.

Rocha (2019) contribui para essa discussão ao focar nas dificuldades que os estudantes encontram na visualização de problemas tridimensionais. Ele ressalta que a maioria daqueles está acostumada a trabalhar com representações bidimensionais, como gráficos simples de funções, mas a transição para a compreensão de formas e superfícies em três dimensões requer um desenvolvimento cognitivo que muitas vezes não é suficientemente abordado nos métodos tradicionais de ensino. Ragoni (2021) complementa, argumentando que, embora a introdução de ferramentas gráficas e tecnológicas no ensino de Cálculo tenha o potencial de melhorar a compreensão desses conceitos complexos, a simples exposição a gráficos e visualizações não é suficiente. Ele enfatiza que é fundamental que os estudantes recebam orientação adequada na análise e interpretação dessas representações visuais para que possam realmente internalizar e aplicar o conhecimento de forma eficaz.

Almeida (2021) e Mota (2021) afirmam que as dificuldades cognitivas enfrentadas pelos estudantes podem ser mitigadas pela aplicação de metodologias de ensino que promovam a experimentação e a descoberta, como a Engenharia Didática e o EOS. Eles argumentam que essas abordagens possibilitam que os estudantes construam conhecimento de forma ativa e participativa, o que ajuda a superar as barreiras cognitivas associadas à compreensão de conceitos complexos. Ferreira (2018), ao destacar a importância de conectar o aprendizado teórico com aplicações práticas, argumenta que a visualização gráfica pode servir como uma ponte entre o conhecimento teórico e sua aplicação em problemas do mundo real. Ele anuncia que essa conexão prática além de facilitar a compreensão dos conceitos, motiva os estudantes ao mostrar a relevância do que estão aprendendo.

Silva (2019) defende que atividades práticas que incentivam a manipulação e exploração de gráficos ajudam os estudantes a desenvolver a habilidade de transitar entre diferentes representações de um problema matemático. Essa prática não apenas reforça a compreensão dos conceitos, mas também promove o desenvolvimento de habilidades analíticas e críticas – essenciais para o bom desempenho em áreas avançadas da Matemática. Pavanelo e Lima (2017) e Rocha (2019) declaram que a transição para a compreensão de problemas tridimensionais pode ser facilitada pelo uso de ferramentas tecnológicas, como *softwares* de plotagem 3D, permitindo que os estudantes visualizem e manipulem formas complexas de maneira interativa. Eles argumentam que, ao desenvolver a capacidade de visualizar e manipular representações gráficas tridimensionais, os estudantes adquirem maior competência de internalizar conceitos como volume, superfície e integral de linha, que são fundamentais em muitas aplicações

práticas do Cálculo.

Thieghi (2021) conclui que a superação das dificuldades cognitivas no ensino de Cálculo requer uma abordagem integrada, que combine o uso de ferramentas tecnológicas, orientação adequada e metodologias ativas que incentivem a exploração e a descoberta. Ele argumenta que essa combinação de fatores pode ajudar a superar as barreiras cognitivas e didáticas, promovendo uma compreensão mais profunda e integrada dos conceitos matemáticos e preparando os estudantes para aplicar esse conhecimento de forma eficaz em suas futuras carreiras.

Superar as dificuldades cognitivas e didáticas no ensino de Cálculo é um passo importante, mas igualmente essencial é lidar com a falta de conhecimento prévio dos estudantes. A seguir, discutimos como a insuficiência de fundamentos matemáticos é destacada nas pesquisas e como essa pode afetar o desempenho em Cálculo, além de estratégias que podem ser adotadas para preparar melhor os estudantes para enfrentar os desafios dessa disciplina.

3.4 Falta de pré-requisitos

Um dos principais desafios no ensino de Cálculo é a falta de pré-requisitos dos estudantes, o que muitas vezes resulta em dificuldades significativas na compreensão dos conceitos avançados introduzidos nessa disciplina. Ferreira (2018) argumenta que muitos estudantes no Ensino Superior chegam com uma base insuficiente de conceitos básicos de Matemática, o que prejudica sua capacidade de acompanhar o ritmo das aulas de Cálculo e de internalizar novos conceitos de maneira eficaz. Pavanelo e Lima (2017) reforçam essa visão ao observar que a ausência de uma compreensão sólida dos fundamentos matemáticos, como álgebra e trigonometria, é um dos principais obstáculos no ensino de Cálculo. Eles sugerem que, para contornar esse problema, é essencial que os cursos de Cálculo comecem com uma revisão dos conceitos fundamentais, garantindo que todos os estudantes tenham uma base comum a partir da qual possam progredir.

Thieghi (2021) acrescenta que a falta de conhecimento prévio não apenas impede a compreensão dos conceitos de Cálculo, mas também contribui para a desmotivação dos estudantes. Ele argumenta que, quando esses não conseguem acompanhar o conteúdo, devido a lacunas em seu conhecimento prévio, eles tendem a perder o interesse e o engajamento nas aulas, o que resulta em um desempenho insatisfatório. Mota (2021) e Rocha (2019) apontam que uma das maneiras de abordar essa questão é a aplicação de avaliações diagnósticas no início dos cursos de Cálculo, permitindo que os professores identifiquem as lacunas no conhecimento dos ingressantes e adaptem suas abordagens de ensino para atender as necessidades individuais de cada estudante.

Silva (2019) propõe a implementação de cursos de nivelamento em Matemática antes do início das disciplinas de Cálculo como alternativa para mitigar os efeitos da falta de pré-requisitos. Esses cursos, segundo ele, poderiam focar em revisar os conceitos fundamentais necessários para o sucesso no Cálculo, garantindo que todos os estudantes estejam preparados para os desafios que enfrentarão. Ele também sugere que, durante o curso de Cálculo, os professores dediquem tempo para revisar os conceitos matemáticos básicos sempre que necessário, reforçando a conexão entre o conhecimento prévio e os novos conteúdos apresentados.

Ragoni (2021), ao discutir a importância do conhecimento prévio no ensino de Cálculo, enfatiza que a compreensão de conceitos como funções, limites e derivadas depende fortemente

de uma base sólida em Matemática estudada na Educação Básica. Ele argumenta que, sem essa base, os estudantes têm dificuldade em visualizar e manipular as representações gráficas e simbólicas dos conceitos de Cálculo, o que compromete sua capacidade de resolver problemas e de aplicar o conhecimento em situações práticas. Almeida (2021) e Paulo (2020) aludem à integração de tecnologias digitais, como *softwares* de Matemática, para ajudar a compensar as deficiências nos pré-requisitos, permitindo que os estudantes explorem e experimentem conceitos matemáticos de maneira interativa e visual.

A falta de pré-requisitos, portanto, representa um desafio significativo no ensino de Cálculo, mas pode ser mitigada por meio de abordagens pedagógicas que incluam revisões dos conceitos fundamentais, aplicação de avaliações diagnósticas e utilização de tecnologias digitais para reforçar e complementar o aprendizado. Thieghi (2021) conclui que, ao abordar essas lacunas nos pré-requisitos de maneira proativa, os professores podem, além de melhorar a compreensão dos conceitos de Cálculo dos estudantes, aumentar a motivação e engajamento nas aulas, contribuindo para um desempenho acadêmico mais satisfatório.

Após a análise dos principais desafios relacionados à insuficiência de pré-requisitos no ensino de Cálculo, analisaremos, na subseção seguinte, o que essas produções revelam acerca da avaliação dos impactos das abordagens pedagógicas no desenvolvimento das competências dos estudantes, derivada das evidências de melhoria relatadas nas pesquisas.

3.5 Resultados de Aprendizagem

A adoção de metodologias inovadoras no ensino do Cálculo tem mostrado impacto positivo nos resultados de aprendizagem. Cometti (2018) e Pavanelo e Lima (2017) destacam que as abordagens centradas no estudante, como o EOS e a Engenharia Didática, têm promovido uma compreensão mais profunda dos conceitos matemáticos, ao incentivar os estudantes a se envolver ativamente na construção do conhecimento. Essa participação ativa, segundo Cometti (2018), resulta em um aprendizado mais significativo, com os estudantes demonstrando maior capacidade de aplicar os conceitos de Cálculo em contextos acadêmicos e profissionais.

Ferreira (2018) complementa ao argumentar que a implementação de sequências didáticas bem planejadas, que integram teoria e prática, facilita a transição do conhecimento abstrato para sua aplicação prática, o que é refletido em melhor desempenho nas avaliações formais e na resolução de problemas complexos. Ele afirma que, ao enfrentar situações desafiadoras que exigem a aplicação de múltiplos conceitos matemáticos, os estudantes que participaram de cursos baseados em metodologias ativas tendem a demonstrar maior autonomia e confiança na resolução de problemas, comparados aos que seguiram métodos de ensino mais tradicionais.

Rocha (2019) e Silva (2019) também apontam para um aumento na capacidade de os estudantes visualizarem e interpretar representações gráficas e geométricas após a introdução de ferramentas tecnológicas, como o GeoGebra, no ensino de Cálculo. Essas ferramentas permitem aos estudantes explorar conceitos de maneira dinâmica e interativa, o que não só facilita a compreensão dos temas, mas também estimula o interesse e o engajamento no aprendizado. Como resultado, os estudantes não apenas melhoram suas notas nas avaliações, mas também mostram maior interesse em continuar seus estudos na área de Matemática e Ciências Exatas.

Além disso, Ragoni (2021) destaca que a abordagem integrada, que combina métodos tradicionais com a utilização de tecnologias digitais, tem contribuído para reduzir as taxas de

desistência em cursos de Cálculo. Ele discute que, ao tornar o aprendizado mais acessível e relevante, essas metodologias ajudam a combater a desmotivação e o desinteresse que frequentemente levam os estudantes a abandonar os cursos de Cálculo. Cometti (2018) corrobora essa visão, observando que, com o aumento da compreensão e da confiança em suas habilidades, os estudantes são mais propensos a persistir nos estudos, resultando em maior taxa de retenção e sucesso nos cursos superiores de Ciências Exatas.

Por fim, Mota (2021) e Thieghi (2021) afirmam que a melhoria nos resultados de aprendizagem não se limita ao desempenho acadêmico. Eles acrescentam que os estudantes que passaram por cursos que incorporam essas metodologias inovadoras também desenvolvem habilidades transversais, como pensamento crítico, resolução de problemas e capacidade de trabalhar de forma colaborativa, que são essenciais para o bom desempenho em qualquer área profissional. Essa preparação mais holística reflete a eficácia dessas novas abordagens pedagógicas no ensino de conceitos específicos de Cálculo e na formação integral dos estudantes como profissionais e cidadãos.

Após a apresentação das nossas análises realizadas a partir da categorização elencada acima, sintetizamos os principais achados e reflexões que emergiram neste estudo. Esse panorama nos permite, então, avançar para as considerações em que serão discutidas as implicações desses resultados, as limitações identificadas, além das perspectivas futuras para o aprimoramento do ensino de Cálculo à luz das evidências levantadas.

4 Considerações Finais

O estudo teve como objetivo analisar o uso de tecnologias digitais no ensino de mudanças de coordenadas em Integrais Múltiplas, em produções acadêmicas, com foco nas dificuldades relatadas sobre os processos de ensino e de aprendizagem. A partir da revisão sistemática da literatura, constatou-se que o uso de *softwares*, como GeoGebra, pode melhorar a compreensão dos estudantes, oferecendo recursos visuais e interativos que facilitam a visualização das mudanças de coordenadas e a realização de cálculos complexos. No entanto, sua implementação ainda enfrenta barreiras significativas, como a falta de formação adequada dos professores para utilizar essas ferramentas de maneira eficaz, a dificuldade em integrar essas tecnologias de forma harmoniosa ao currículo existente. Além disso, há desafios relacionados ao acesso desigual a recursos tecnológicos nas instituições de ensino, o que pode limitar o alcance e a utilização profícua dessas ferramentas nos processos de ensino e de aprendizagem.

Foi percebida a necessidade de formação continuada para os professores, que precisam ser capacitados para utilizar as tecnologias digitais em suas aulas. Além disso, as instituições de ensino precisam investir em infraestrutura tecnológica para garantir que os recursos necessários estejam disponíveis para todos os estudantes.

As dificuldades cognitivas e didáticas enfrentadas no aprendizado do Cálculo Integral estão intimamente ligadas à natureza dos conceitos envolvidos. A revisão sistemática revelou que, nas produções analisadas, muitos estudantes têm dificuldade em relacionar os conceitos matemáticos com aplicações práticas, o que pode ser atribuído à falta de metodologias que promovam essa conexão. O estudo revelou a necessidade de contextualizar o ensino do Cálculo Integral e das mudanças de coordenadas. Ao relacionar os conceitos matemáticos com situações do cotidiano ou com problemas práticos que os estudantes possam enfrentar, os professores podem tornar o aprendizado mais engajador.

Outro fator identificado foi a falta de conhecimento prévio dos estudantes, que muitas

vezes entram em cursos de Cálculo Integral sem base adequada em conceitos fundamentais. Esse déficit inicial compromete a capacidade daqueles de acompanhar o conteúdo. O estudo destacou a importância de estratégias de ensino que levem em conta as lacunas no conhecimento prévio dos estudantes, proporcionando revisões e reforços necessários para que todos possam se beneficiar plenamente das ferramentas tecnológicas disponíveis.

Os resultados de aprendizagem indicam que a utilização de tecnologias digitais pode melhorar significativamente o desempenho dos estudantes em Cálculo Integral. Aplicativos como o GeoGebra, facilitam a compreensão conceitual e podem melhorar as habilidades de resolução de problemas, permitindo uma exploração dinâmica e interativa dos conceitos. Esses resultados podem estar ligados à implementação de sequências didáticas bem planejadas, que integram teoria e prática de maneira estruturada. Essa abordagem garante que o conhecimento seja aplicado de forma prática, potencializando o impacto das tecnologias nos processos de ensino e de aprendizagem. Contudo, essas estratégias dependem do contexto educacional, da formação dos professores e da forma como as tecnologias são integradas ao currículo.

Apesar das contribuições do presente estudo, é importante reconhecer suas limitações. A revisão sistemática da literatura foi realizada com um número restrito de bases de dados e em um período específico, o que significa que outros estudos relevantes podem não ter sido incluídos na análise. Além disso, o foco do estudo foi principalmente o uso de tecnologias digitais no ensino do Cálculo Integral, em detrimento de outras abordagens pedagógicas que poderiam ser igualmente eficazes.

Outra limitação diz respeito à generalização dos resultados. Embora os estudos revisados ofereçam dados valiosos, é importante lembrar que as dificuldades enfrentadas no ensino de mudanças de coordenadas podem variar significativamente, dependendo do contexto educativo, da preparação dos professores e das características dos estudantes.

Com base nos achados e nas limitações do estudo, várias direções para pesquisas futuras podem ser sugeridas. Em primeiro lugar, seria útil expandir a revisão sistemática da literatura para incluir outros bancos de dados e um período mais longo, a fim de capturar uma visão mais abrangente do uso de tecnologias digitais no ensino de Cálculo Integral.

Além disso, futuras pesquisas poderiam explorar outras metodologias pedagógicas, como a aprendizagem baseada em problemas ou a sala de aula invertida, e articulá-las com o uso de tecnologias digitais. Também seria interessante investigar como diferentes perfis de estudantes (por exemplo, com diferentes níveis de preparo matemático ou com diferentes estilos de aprendizado) respondem ao uso de tecnologias no ensino de Cálculo Integral.

Finalmente, pode ser interessante conduzir estudos empíricos que examinem diretamente o impacto do uso de tecnologias digitais no desempenho dos estudantes em Cálculo Integral. Esses estudos poderiam fornecer evidências sobre as potencialidades das ferramentas em prol da aprendizagem e ajudar a orientar políticas educacionais e práticas pedagógicas.

Enfim, o presente estudo apresentou algumas dificuldades enfrentadas no ensino e na aprendizagem de mudanças de coordenadas no Cálculo Integral, e destacou o potencial das tecnologias digitais para superar essas dificuldades. No entanto, a implementação satisfatória dessas tecnologias requer não apenas formação adequada para os professores, mas também um investimento contínuo em infraestrutura e uma abordagem pedagógica que contextualize o aprendizado matemático. Ao abordar essas questões, as futuras pesquisas e práticas pedagógicas poderão contribuir para um ensino de Matemática mais acessível e engajador, preparando melhor os estudantes para enfrentar os desafios acadêmicos e profissionais que encontrarão em

suas vidas.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro concedido por meio da concessão de bolsa de estudos.

Referências

- Artigue, M. (1996). Engenharia Didáctica. In: J. Brun (Org.). *Didáctica das matemáticas*. Tradução de M. J. Figueiredo (1. ed., pp. 193-217). Lisboa: Instituto Piaget.
- Galvão, M. C. B. & Ricarte, I. L. M. (2019). Revisão sistemática da literatura: Conceituação, produção de publicação. *Logeion: Filosofia da Informação*, 6(1), 57-73.
- Macêdo, J. A. & Gregor, I. C. S. (2020) Dificuldades nos processos de ensino e de aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral. *Educação Matemática Debate*, 4(10), 1-24.
- Machado, S. D. A. (1999). Engenharia didática. In S. D. A. Machado (Org.), *Educação matemática: uma introdução*. (1. ed., pp. 197-208). São Paulo, SP: Educ.
- Malacarne, M. F., Sone, A. P. & Feiten, V. D., Cordeiro Junior, J., Bispo, C. E., Colognese, L. G. M., Oliveira, T. A. G. de, & Prado, Y. L. do (2023). Potencializando o ensino de Matemática e Física por meio de práticas inovadoras e transversalidade. *Revista Foco*, 16(7), 1-17.
- Oliveira, L. D., Ramos, T. C., Carneiro, J. A. S. A. O. & Landi Júnior, S. (2020). Conhecimentos de Matemática básica de graduandos nos anos iniciais de Engenharia: desafios, fragilidades e enfrentamentos possíveis. *Revista BOEM*, 8(16), 134-152.
- Ramos, A., Faria, P. M. & Faria, Á. (2014). Revisão Sistemática de Literatura: contribuição para a inovação na investigação em Ciências da Educação. *Revista Diálogo Educacional*, 14(41), 17-36.
- Sypniewski, M. D. S. & Schubring, G. (2023). O processo histórico de disciplinarização do cálculo infinitesimal no Brasil. *Revemop*, 5, 1-23.