

## **Explorando a Biomatemática: estado do conhecimento em teses e dissertações (2013-2023)**

### **Exploring Biomathematics: state of knowledge in theses and dissertations**

Francinei de Jesus Ribeiro<sup>1</sup>, Leandro Carbo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino – PPGEEn, Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT, Cuiabá, MT, Brasil.

<sup>2</sup> Docente do Programa de Pós-Graduação em ensino – PPGEEn, Instituto Federal de Mato Grosso – IFMT, Cidade, MT, Brasil.

### **Resumo**

Os dados que provocam o estudo bibliográfico do conhecimento acumulado de uma determinada temática evidenciam ações direcionadas ao ensino, que por sua vez oportunizam o desenvolvimento científico e educacional. Neste raciocínio, esta pesquisa de abordagem qualitativa e bibliográfica do tipo estado do conhecimento com o objetivo de analisar dissertações e teses em um recorte temporal de 2013 a 2023 no Banco Digital de Teses e Dissertações a respeito da utilização de conceitos matemáticos para o ensinar biologia. Neste viés, este tipo de estudo proporcionou a sondagem de produções científicas já elaboradas sobre práticas educacionais que irão oportunizar reflexões e possíveis ações diante das lacunas identificadas.

**Palavras-chave:** Estado do Conhecimento; Ensino de Ciências; Ensino de Matemática; Biomatemática.

### **Abstract**

The data that trigger the bibliographic study of the accumulated knowledge of a given topic highlight actions directed at teaching, which in turn provide opportunities for scientific and educational development. In this reasoning, this qualitative research approaches a bibliographic study of the state of knowledge type with the objective of analyzing dissertations and theses in a time frame from 2013 to 2023 in the Digital Bank of Theses and Dissertations regarding the use of mathematical concepts to teach biology. In this sense, this type of study provides an investigation of scientific productions already prepared on educational practices that will provide opportunities for reflection and possible actions in view of the identified gaps.

**Keywords:** State of Knowledge; Science Teaching; Mathematics Teaching; Biomathematics.

### **Introdução**

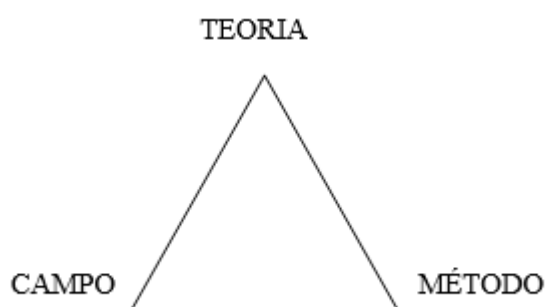
A construção do conhecimento deve ser entendida e analisada como um processo de caráter contínuo e colaborativo, isto é, que tenha o envolvimento de trocas de ideias, publicações de resultados e a validação dessas publicações através de discussões, testes e debates sempre levando em consideração o contexto histórico. O fato de construir conhecimento é fundamental para o desenvolvimento da pesquisa científica, uma vez que a mesma leva em conta a teoria já acumulada, os agentes envolvidos e os caminhos que podem ser traçados para alcançar os diversos objetivos. Essa

realidade fomenta a promoção do conhecimento, oportunizando a criação e disseminação de informações, teorias, ideias e práticas que possam contribuir de maneira significativa para mudanças fundamentais.

No viés de produções científicas, o conceito de pesquisa deve ser bem esclarecido. Neste pressuposto e de acordo com Goldenberg [1] a pesquisa pode ser definida como um trabalho capaz de avançar o conhecimento. Nesta perspectiva, o rigor científico se torna importante pelo fato que todo o conhecimento produzido poderá ser refutado gerando novos conhecimentos. Ainda sob este olhar, a pesquisa é capaz de gerar aprendizagem tanto para o pesquisador como também para os que serão pesquisados.

A efetivação da pesquisa científica envolve variados elementos estruturantes, a saber, a teoria, o campo e o método (Figura 1).

Figura 1: Elementos estruturantes de uma pesquisa científica



Fonte: Adaptado de Bourdieu [5].

Observa-se que é necessário ao perfil de um pesquisador o conhecimento sobre o triângulo da pesquisa como representado na figura acima. É fundamental para o sucesso do andamento da pesquisa ter bem definido os fundamentos teóricos, os agentes de investigação e os caminhos metodológicos possíveis.

A definição de teoria de acordo com Kerlinger [2] se trata de uma visão sistemática de fenômenos que irá proporcionar explicações daquilo que existe. Neste viés, Ludke e André [3] definem a teoria como todo o conhecimento acumulado. Ainda sobre a definição de teoria, Helfenstein [4] postula que a teoria está relacionada com todo o conhecimento já posto que pode ser testado e refutado para gerar novos conhecimentos.

O segundo eixo estruturante de uma pesquisa científica é o campo. Bourdieu [5], define campo como espaços nos quais é possível desenvolver uma pesquisa. Além disso, o campo se relaciona com o espaço de socialização entre o pesquisador e seus agentes determinantes de dados, e assim traz a possibilidade de imposição de significações.

Quanto ao método, Gerhardt; Silveira [6]; Fonseca [7] e Minayo [8], concordam que se trata de caminhos metodológicos sistemáticos que devem ser seguidos para o sucesso do alcance dos objetivos de uma pesquisa. Nesta linha de raciocínio, ter o método bem definido irá proporcionar a orientação adequada de como obter os dados, as abordagens e as técnicas, além de criar a delimitação do problema a ser investigado, para então realizar e interpretar observações e gerar possíveis resoluções dos problemas apresentados.

Por este aspecto, ter a ciência da teoria, do campo e do método irá proporcionar a análise das tendências de pesquisas científicas relacionadas à interdisciplinaridade entre biologia e matemática, ao que se refere à utilização de conceitos matemáticos para ensinar biologia, também conhecido como Biomatemática.

Neste texto, a reflexão realizada está relacionada ao levantamento das tendências temáticas, teóricas, de campo e metodológicas de investigações realizadas nos últimos cinco anos sobre a utilização de conceitos matemáticos para ensinar biologia a nível *Stricto Sensu*.

A razão pela qual este estudo é importante se dá pelo fato de o mesmo proporcionar uma análise a respeito da produção científica sobre a utilização de conceitos matemáticos para ensinar biologia. A partir desta percepção e através dos dados obtidos será possível estabelecer e fortalecer a relação intrínseca entre matemática e biologia evidenciando assim a prática da interdisciplinaridade. É válido ressaltar que este estudo foi motivado pelas discussões promovidas no decorrer da disciplina de Tendências e abordagens de pesquisa em Ciências e Matemática do PPG Ensino IFMT/UNIC. Além desta motivação supracitada, uma influência pessoal também contribuiu para esta investigação.

Em síntese, o presente texto tem como objetivo descrever e analisar as tendências e abordagens de pesquisa sobre a utilização de conceitos matemáticos para o ensino de biologia, de acordo com as Dissertações e Teses brasileiras publicadas em um recorte temporal de dez anos (2013 – 2023).

### **Fundamentação teórica**

Destaca-se que o ensino de Biologia sofreu evoluções ao longo dos anos desde a década de 1970 [9]. Essas mudanças, de acordo com o autor, estão interligadas com o contexto [10]. O ensino de matemática por sua vez, também foi passível de mudanças desde a descoberta da escrita, o que possibilitou neste contexto aprimorar suas técnicas e abordagens ao longo da história, como bem corrobora o autor [10], levando em consideração que a matemática está no cotidiano [11].

Nesta visão evolutiva do ensino da matemática e biologia destaca-se a Interdisciplinaridade. A autora Fazenda [12] corrobora a definição do termo como uma complementaridade de caráter necessário e incontornável.

A ligação entre biologia e matemática também pode ser identificada como Biomatemática. Como elucidam Robeva et al [13], a matemática tem sido utilizada na biologia desde o século XIII. Esta realidade confirma a importância necessária da interseção entre essas áreas do conhecimento tão distintas. O termo Biomatemática pode ser definido de acordo com Sampaio e Silva [14] como utilização de conceitos matemáticos para explicar fenômenos biológicos, representando uma intersecção entre a Biologia e a Matemática que poderá ser realizada por meio da modelagem matemática [15]. Na mesma perspectiva, Neves [16] define a Biomatemática como a apropriação de modelos matemáticos para a explicação dos fenômenos biológicos.

As considerações dos autores [13] e [12] evidentemente mostram a existência de uma interseção muito grande entre a biologia e a matemática. De fato, são dois campos completamente vastos e que se compõem com abordagens restritas e complexas a cada uma. A interdisciplinaridade entre ambas, postulada por [12], proporciona o fechamento ou preenchimento de lacunas, ou seja, conceitos de matemática que auxiliam na compreensão de fenômenos biológicos e vice-versa.

A problemática desta realidade, e que pode servir como um obstáculo desta relação intrínseca, está centrada no engajamento do sujeito. A inexistência da compreensão matemática ou a falta de prática do sujeito interfere nesta dinâmica, em que, nota-se vários biólogos sem conhecimento matemático e muitos matemáticos que, se quer, fazem ideia da vasta área biológica. Esta introspecção gera dificuldades na efetivação da interação entre essas duas disciplinas tornando-as cada vez mais complexas.

Para facilitar o aprendizado dos conteúdos de matemática e conteúdos biológicos é necessário estabelecer a mesclagem entre ambos. Raramente se vê sujeitos matemáticos orbitando ideias biológicas e muito menos os biólogos investigando e usando números e cálculos. Nesta linha de raciocínio, é escasso a capacitação destes profissionais a nível de graduação, se tornando cada vez mais raro sujeitos que dominem e que tenham apreensão da importância e necessidade desta familiaridade entre essas duas áreas do conhecimento [12].

Por muito tempo o paradigma de que matemática é um bicho de sete cabeças ganhou forças e por isso muitos preferem manter uma distância de suas contribuições, que são de cunho social, educacional e biológico. Vemos ainda, que com o avanço tecnológico e a disponibilidade fácil de conhecimento, a matemática vem ganhando espaço dentre as suas muitas aplicações e em diferentes áreas, como nas ciências humanas, na linguagem e suas tecnologias, e porque não dizer também, no campo das ciências da natureza.

Os resultados da pesquisa de Cruz [17] mostram a falta de interação entre biólogos e matemáticos, cada um com suas formações interferindo diretamente na oferta da educação básica com qualidade, uma vez que o profissional se sente despreparado para explicar conceitos de cunho biológico com o auxílio da matemática, deixando a desejar e a oferecer a construção de conhecimentos eficazes e

importantes para o estudante. Isso é notável no ensino superior, em que muitos cursos de licenciatura em ciências biológicas não trabalham com a efetivação desta interação e a importância de formar novos graduandos com esta mentalidade. Outro fator destacado para esta realidade é a própria formação continuada deste professor em atuação.

Em muitas matrizes curriculares de universidades até colocam componentes curriculares que abordam os fundamentos da matemática, porém, sem nenhum nexos com a biologia, ou seja, o estudante é exposto a este estudo sem ao menos ser confrontado com a necessidade de estabelecer uma ponte entre essas duas disciplinas; o que pode gerar ao novo graduando mais aversão quanto a utilização da matemática dentro da biologia [18].

Portanto, para que a interdisciplinaridade da Biomatemática seja eficaz, é necessário à sua interação, formando e preparando docentes que de fato farão a diferença e se apropriarão de um bem irreparável que é a obtenção do conhecimento e a sua disseminação, tudo em prol da boa e qualificável formação de cidadãos críticos, criativos e participativos, além de um profissional autoeducativo.

Como já elucidado, os conhecimentos matemáticos desempenham um papel fundamental na biologia em várias áreas. De acordo com Mancera [19], a Biomatemática se apropria da Modelagem Matemática onde o conteúdo desenvolvido tem origem no tema a ser problematizado, nas dificuldades do dia-a-dia e nas situações de vida. Neste viés, se apropriar da utilização interdisciplinar da matemática e biologia é fundamental para o desenvolvimento de diversas temáticas. Esta realidade está evidenciada em sua função prática, como por exemplo, utilização da **função exponencial** para explicar o **crescimento de bactérias** [14], utilização da Modelagem Matemática nos processos de ensino e de aprendizagem acerca da Leishmaniose no Ensino Médio que possibilita o estabelecimento de uma relação relevante entre Biologia e Matemática (**cálculo da dosagem do remédio para tratamento da leishmaniose**) (mg Sb+5 / kg / dia) [20].

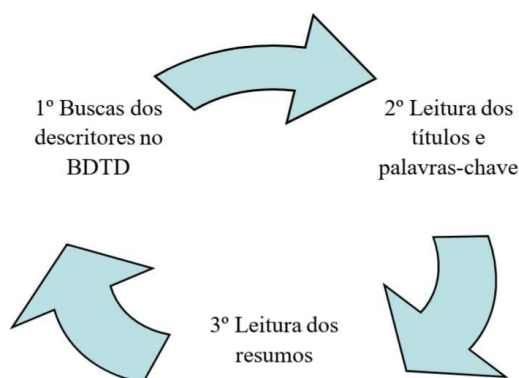
## Procedimentos Metodológicos

A presente pesquisa configura-se como qualitativa e bibliográfica do tipo estado do conhecimento. Por se tratar de uma pesquisa do tipo estado do conhecimento o período analisado corresponde a um recorte temporal de dez anos (2013 – 2023). Este recorte temporal foi selecionado pelo fato de proporcionar, para o andamento da pesquisa, produções atualizadas sobre a temática escolhida. Todas as informações para a obtenção dos dados foi o acesso ao BDTD. Com o objetivo de alcançar assuntos relacionados à nossa temática, optou-se por utilizar como descritores de busca no BDTD conhecimentos matemáticos, ensino de biologia e modelagem matemática combinados.

Grande parte das pesquisas oferecem um campo de pesquisa onde de fato os dados possam ser obtidos. Nesta realidade, os trabalhos selecionados atendem ao seguinte critério de seleção: abordar

assuntos de matemática aplicados em biologia estabelecendo a interdisciplinaridade. Na contrapartida deste critério estabelecido, todos os outros trabalhos que não satisfizeram a esta observância foram descartados. Para a efetiva ação desta investigação foi adotado um caminho de análise para a seleção dos trabalhos, 1º buscas assim como representado no esquema na Figura 2.

Figura 2: Seleção dos trabalhos para análise.



Fonte: Os autores.

Quanto aos aspectos observados na codificação e tabulação dos trabalhos selecionados, estes foram o Tema; os Teóricos basilares; o Campo; o Tipo de pesquisa/Abordagem; os ICD adotados e a metodologia de análise dos dados.

No que diz respeito à Metodologia empregada na análise dos dados obtidos, optou-se por adotar a Análise de Conteúdo segundo Bardin [21], que infere a composição de 3 fases cronológicas no processo de análise e interpretação dos dados, que são, a pró-análise; a exploração do material; e o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação. Ainda de acordo com [21], a metodologia por Análise de Conteúdo infere ao autor,

um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando a obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (p. 47).

Evidentemente que esta metodologia é satisfatória para atender ao objetivo estabelecido para a produção dos dados deste estado do conhecimento.

## Resultados e Discussões

Observa-se no quadro 1 as tendências de pesquisas na temática de utilização de conceitos de matemática para o ensino de biologia. É válido reforçar que este levantamento é referente ao período de tempo correspondente a cinco anos, a fim de obter resultados atuais.

Quadro 1: Tendências de Pesquisa sobre Biomatemática.

| Estudo (autor/ano)        | Tema/Assunto                                                                                | Teóricos basilares                                 | Campo de investigação/ fonte de informações                            | Tipo de pesquisa e Abordagem                              | Coleta de dados e Metodologia de análise                                                                                                                                                                         |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Santos (2015) [24]</b> | Modelos matemáticos / Crescimento populacional de microrganismos.<br>Interdisciplinaridade. | Madigan (2010); Sampaio (2012).<br>Eduardo (2007). | Estudantes do ensino fundamental (7ºano) e ensino médio (voluntários). | Qualitativa.<br><b>Não informado</b> (Pesquisa de campo). | Atividade em sala de aula e utilização do <i>software</i> Crescimento Populacional.<br>Aplicação de questionário.<br>Categorização.                                                                              |
| <b>Leite (2018) [25]</b>  | Modelagem matemática.<br>Interdisciplinaridade.<br>Aprendizagem significativa.              | Ausubel (1973).<br>Burak (1994).<br>Morin (2000).  | Estudantes do 3ºano do ensino médio (escola do campo).                 | Qualitativa/Interpretativa.                               | Observação direta, as produções dos estudantes, entrevistas, relatórios, registros manuscritos, depoimentos espontâneos, filmagens e áudios.<br>Análise sistemática dos dados coletados (Bogdan e Biklen (1994). |

|                             |                                                                                                            |                                                                 |                                                                                                    |                                                                                                                        |                                                                                                                            |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Forteski (2019) [26]</b> | Modelagem matemática.<br>Interdisciplinaridade.                                                            | Pombo (2008).<br>Burak, D. (1987).<br>Fazenda (1994).           | Estudantes do 3ºano do ensino médio.                                                               | Qualitativa.<br>Estudo de caso.                                                                                        | Atividade em sala de aula.<br>Criação de grupos de investigação.<br>Análise de conteúdo (Bardin, 2009).                    |
| <b>Preda (2020) [27]</b>    | Probabilidade.<br>Genética populacional.<br>Didática do professor de matemática.<br>Interdisciplinaridade. | Morgado, A. et al (1991).<br>Dantas, (2008).                    | Estudantes (2ºano e 3ºano).                                                                        | Qualitativa.<br><b>Não informado</b> (Pesquisa de Campo).                                                              | Método heurístico com metodologia em Resolução de problemas.<br>Aplicação de questionário.<br>Categorização.               |
| <b>Gomes (2021) [28]</b>    | Modelagem matemática.<br>Interdisciplinaridade.                                                            | Almeida e Dias (2004).<br>Burak (2004, 2010).<br>Castro (2017). | Alunos que estavam matriculados na disciplina de matemática na EJA que atende o sistema prisional. | Qualitativa.<br>Observação participante e a análise documental.                                                        | Webconferência e as anotações dos alunos.<br>Diálogos organizados em estrutura de Episódios.                               |
| <b>Reis (2023) [29]</b>     | Conceitos matemáticos no ensino de biologia.<br>Interdisciplinaridade.                                     | Silva Jr. (2008);<br>Demo (2013);<br>Malafaia (2010).           | Professores de biologia e estudantes do 3ºano.                                                     | Qualitativa e quantitativa na perspectiva da DBR - Design-Based Research.<br><b>Não informado</b> (Pesquisa de campo). | Sequência didática / Diário de bordo;<br>Questionário.<br>Análise de conteúdo (Bardin, 2016)<br>Metacognição (Rosa, 2014). |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Mediante o levantamento do estado do conhecimento, sobre a utilização de conceitos matemáticos para o ensino de biologia, foram encontradas 20 dissertações. Dessas, 6 atenderam aos critérios de inclusão estabelecidos. Portanto, o quadro 1 demonstra a análise das tendências de 6 dissertações.

No que diz respeito às tendências temáticas recorrentes nos trabalhos analisados, destacam-se: interdisciplinaridade, conceitos de matemática utilizados no ensino de biologia e modelagem matemática. Como bem corrobora Fazenda [12], a definição de interdisciplinaridade tem a ideia de complementaridade de caráter necessário e incontornável.

Diante da análise feita, esta temática foi muito bem citada. Suas contribuições evidenciam a necessidade de incorporar de maneira efetiva a ideologia interdisciplinar, uma vez que a mesma pode proporcionar um aprendizado com significado além de manter inter-relações entre as diversas áreas do conhecimento. Por outro lado, a utilização de conceitos matemáticos para ensinar biologia também foi uma das temáticas em destaque. Essa realidade pode ser elucidada através da aplicação da Biomatemática. Esse termo, de acordo com os autores Sampaio; Silva [14] e Neves [16], pode ser definido como uma interação mútua entre biologia e matemática. Ainda, consoante com Sampaio e Silva [14], a Biomatemática pode ser aplicada em um viés interdisciplinar com a adoção da modelagem matemática; essa, diante da análise feita, configura-se também como uma das tendências temáticas.

Segundo Renz [15], tal utilização se caracteriza como uma metodologia importante para o ensino e aprendizagem, onde os estudantes podem realizar uma pesquisa exploratória sobre um determinado problema real e do cotidiano a fim de inferir soluções e realizar análises críticas a partir dos resultados encontrados.

Tangente a isto, observou-se como lacuna, nos estudos analisados, a formação continuada de professores de biologia que estejam em atuação. Acredita-se que muito mais do que o estudante ter engajamento e protagonismo, é necessário também o investimento no mediador, a saber o professor.

As análises evidenciaram, concernentes às tendências recorrentes, autores basilares como: Silva Jr. (2008); Malafaia (2010); Sampaio (2012); Demo (2013) e Burak (1987). Esta informação reforça a ideia de que se trata de uma temática necessária a ser investigada e que os autores citados contribuem com informações valiosas de conhecimento científico, proporcionando aos pesquisadores diversos embasamentos teóricos.

Quanto às tendências de campo, os mais recorrentes nos trabalhos analisados foram estudantes do ensino médio da educação básica. Este resultado evidencia a lacuna mencionada anteriormente, de que se carece investigações no âmbito dos professores. Isto é, conhecer e analisar as percepções dos professores torna-se uma tarefa fundamental para o ensino e aprendizagem. Muito se fala sobre o protagonismo estudantil, em que o estudante deve ser o principal norteador de seu aprendizado. Mas, de nada adianta se o mesmo não tiver um excelente mediador para que o protagonismo aconteça.

Quanto às tendências dos métodos, observaram-se a abordagem qualitativa, a pesquisa de campo e a análise de conteúdo [21]. A abordagem qualitativa, segundo Gil [22], procura entender características mais subjetivas em que não se pode mensurar previamente. Por outro lado, a pesquisa de campo também foi uma tendência nas dissertações analisadas.

De acordo com Gil [23], a pesquisa de campo ou estudo de campo é aquela que se dedica a estudar um ambiente específico onde é possível realizar observações diretas, aplicar questionários e entrevistas para obter explicações sobre determinada temática. Por fim, observou-se a Análise de Conteúdo como método de análise dos dados coletados. Conforme [21], essa metodologia infere

um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando a obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (p. 47).

Nesta perspectiva, a análise de conteúdo geralmente segue três etapas de maneira cronológica e sistemática: pró-análise; a exploração do material; e o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

A metodologia que predominou para a obtenção dos dados foi a aplicação de questionários. O questionário, segundo [22], pode ser definido:

como a técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas etc (p.128).

Neste viés, a aplicação de questionário em uma pesquisa facilita ao pesquisador a obtenção de dados bem como sua manipulação. Questões fechadas e abertas fazem parte de um questionário com o objetivo de investigar a opinião de pessoas sobre determinada temática.

Em síntese, uma pesquisa científica é repleta de facetas que oportunizam ao pesquisador possibilidades de buscas. De fato, todo o conhecimento já produzido proporciona significativamente subsídios para futuras investigações, além de apontar lacunas que podem ser melhores exploradas.

## **Considerações Finais**

Uma pesquisa científica requer do pesquisador a compreensão da importância de ter uma visão sistematizada dos fenômenos (teoria), conhecer bem o local onde se quer obter os dados (campo) e principalmente definir o caminho metodológico que melhor satisfaça o desenvolvimento da pesquisa como um todo (método).

Conhecer as tendências e lacunas temáticas, teóricas e metodológicas dos assuntos investigados nas presentes dissertações evidenciaram o conhecimento já acumulado e os possíveis pontos que não foram investigados.

As análises explicitam a importância da interdisciplinaridade entre conceitos de matemáticas nos estudos de biologia. O campo em recorrência foi de estudantes do ensino médio da educação básica. Quanto às metodologias adotadas, a recorrência desdobra-se para a aplicação de questionários com a análise de conteúdo. Observou-se como lacuna, a formação continuada de professores de biologia que estejam em atuação.

Esta atividade proporcionou um exercício cognitivo e analítico sobre os levantamentos teóricos em análise. A partir desta prática, o pesquisador pode criar um panorama geral sobre o conhecimento acumulado a respeito de determinada temática e incitar novas pesquisas e abordagens.

## Referências

- [1] Goldenberg, S. **Orientação normativa para elaboração de tese**. Acta Cir Bras 1993; (Supl 1):1-24.
- [2] Kerlinger, N. **Metodologia da pesquisa em ciências sociais: um tratamento conceitual**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1980.
- [3] Lüdke, M; M. E. D. A. André, **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed., São Paulo, EPU, 2013.
- [4] Helfenstein, R. **Metodologia sem mistérios: desvendando os segredos do sucesso da pesquisa**. 1 ed. Santa Leopoldina: editora Diversa, 2023.
- [5] Bourdieu, P. **O poder simbólico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.
- [6] Gerhardt, T. E; Silveira, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- [7] Fonseca, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Ceará: Universidade Estadual do Ceará, 2002.
- [8] Minayo, M. C. S. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. In.: \_\_\_\_\_ (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1994, p. 9-29.
- [9] Filho, P; Almeida, S; Oliveira, V. **O ensino de Biologia no Brasil: Décadas 1970 a 2010**. Ensino em Perspectivas, Fortaleza, v. 2, n. 3, p. 1-12, 2021
- [10] Moraes, P. L. **História da Biologia**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/historia-da-biologia.htm>. Acesso em 21 de julho de 2024.

- [11] Luz, B. W. S. Sabião, R. M. A evolução no ensino da matemática e a importância de se conhecer sua história. Revista **Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, Ed. 08, Vol. 01, pp. 127-139. Agosto de 2019.
- [12] Fazenda, I. C. A. **Didática e interdisciplinaridade**. 13ed. Campinas/SP: Papirus, 2008. P. 195.
- [13] Robeva, R; Davies, R; Hodge, T; Enyedi, A. **Mathematical biology modules based on modern molecular biology and modern discrete mathematics**. CBE Life Sci Educ. 2010 Fall;9(3):227-40. doi: 10.1187/cbe.10-03-0019. PMID: 20810955; PMCID: PMC2931670.
- [14] Sampaio, C. F; Silva, A. G. **Uma introdução à biomatemática: a importância da transdisciplinaridade entre biologia e matemática**. VI Colóquio Internacional: Educação e Contemporaneidade. São Cristóvão-SE/Brasil, v. 20, 2012.
- [15] Renz, H. J. **A Importância da Modelagem Matemática no Ensino-Aprendizagem** [manuscrito] / Herton Júnior Renz. - 2015.
- [16] Neves, G. **Biomatemática: que mistura é essa?** Ci. e Nat., Santa Maria v.42, e55, Special Edition: 40 anos, p. 01-11, 2020. DOI:10.5902/2179460X40960. ISSN 2179-460X.
- [17] Cruz, R.N. **Os conteúdos matemáticos na formação de professores de ciências e biologia no Instituto Federal de Mato Grosso**. Cuiabá/MT, 2021.
- [18] Pereira, K. A. B. **A pesquisa na reconstrução da prática docente**.
- [19] Mancera, P.F.A. **Um estudo introdutório através de programas de álgebra computacional**. 2002.
- [20] Reis, E. F.; Quartieri, M. T.; Strohschoen, A. A. G. Modelagem matemática e biologia associadas para estudo da leishmaniose no ensino médio. Revista **REAMEC**, Cuiabá - MT, v. 5, n. 1, jan/jun 2017.
- [21] Bardin, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- [22] Gil, A. C. **Método e técnicas de pesquisa social**. São Paulo, SP: Atlas. 1999.
- [23] Gil, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- [24] Santos, C. E. B. Modelos matemáticos para o crescimento populacional de micro-organismos como motivação para o estudo de funções exponenciais e logarítmicas. 2015. 86 f. **Dissertação** (Mestrado em Matemática) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- [25] Leite, K.C. Modelagem matemática na educação do campo: tecendo novos caminhos. 2018. 220 f. **Dissertação** (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática - Mestrado Profissional) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava – PR.
- [26] Forteski, D. Um estudo sobre a interdisciplinaridade com práticas com modelagem matemática na educação básica. 2019. 108 f. **Dissertação** (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática - Mestrado Profissional) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava - PR.

[27] Preda, A. L. Uma relação entre a probabilidade e os modelos de genética populacional utilizados no ensino médio. 2020. 79 f. **Dissertação** (Mestrado em Matemática em Rede Nacional) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

[28] Gomes, Maricleusa Ingles da Silva. Modelagem matemática na educação de jovens e adultos privados de liberdade. 2021. 142 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática - **Mestrado** Profissional) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava.

[29] Reis, E.F. Ensino de biologia mediado por conceitos matemáticos para o desenvolvimento do pensamento metacognitivo. 2023. **Tese** (Doutorado) – Curso de Ensino de Ciências Exatas, Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 02 mar. 2023. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10737/3509>.