

## A MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO DE FÍSICA

### MATHEMATICAL MODELLING IN PHYSICS TEACHING

Vladimir Félix<sup>1</sup> - IBRA  
Zulma Elizabete de Freitas Madruga<sup>2</sup> - UFRB

#### RESUMO

Este artigo objetiva compreender como se apresentam as pesquisas que tratam sobre intervenções que utilizam a Modelagem Matemática (MM) no ensino de Física. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, na qual utilizou-se o mapeamento na pesquisa educacional como procedimento metodológico para orientar as buscas no Banco Digital de Teses e Dissertações (BDTD). Foram encontradas nove pesquisas, as quais foram analisadas criteriosamente. Para análise, foram elencadas categorias *a priori*: a) Objetivo(s) e contexto das pesquisas; b) Bases teóricas que fundamentaram as pesquisas; c) Metodologia das pesquisas e desenvolvimento das intervenções; e d) Principais resultados das pesquisas. Os resultados apontam que as pesquisas que utilizam a MM no ensino de Física normalmente aliam esta estratégia à experimentação e enfatizam que a utilização de estratégias relacionadas à MM podem ser eficazes para a aprendizagem de Física dos estudantes, tanto na Educação Básica como no Ensino Superior.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Física; Modelagem Matemática; Mapeamento.

#### ABSTRACT

This essay aims to understand how the researches on interventions that use Mathematical Modelling (MM) in Physics teaching have been presented. It is a qualitative research, whose mapping was used in educational research as a methodological procedure to guide searches in the Digital Bank of Theses and Dissertations (Banco Digital de Teses e Dissertações - BDTD). Nine researches were found, which were carefully analyzed. For analysis, the following categories were listed: a) Objective (s) and context of the research; b) Theoretical bases that supported the research; c) Research methodology and intervention development; d) Main results of the research. The results show that the researches that use MM in the Physics teaching normally combine this strategy with experimentation, and emphasize that the use of strategies related to MM can be effective for students; physics learning, both in Basic Education and in Higher Education.

**KEYWORDS:** Physics Teaching; Mathematical Modelling; Mapping.

DOI: 10.21920/recei72021721475495

<http://dx.doi.org/10.21920/recei72021721475495>

<sup>1</sup>Especialista em Metodologia do Ensino de Matemática e Física. Licenciado em Matemática. Licenciando em Física. Grupo Educacional IBRA E-mail: [felixvladimir20@gmail.com](mailto:felixvladimir20@gmail.com) / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2965-4775>.

<sup>2</sup>Doutora em Educação em Ciências e Matemática. Professora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Docente do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). E-mail: [betemadruga@ufrb.edu.br](mailto:betemadruga@ufrb.edu.br) / ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1674-0479>.

## INTRODUÇÃO

Os estudos referentes à disciplina de Física começam de fato no Ensino Médio, muito embora no 9º ano do Ensino Fundamental a disciplina de Ciências tenha a incumbência de iniciar a familiarização dos estudantes com os fenômenos físicos e químicos. O professor de Física deveria, em primeiro lugar, despertar o interesse e a curiosidade dos estudantes, visto que a disciplina tem como fonte de estudo os fenômenos que ocorrem no cotidiano. Não é possível afirmar se isso ocorre na maioria das escolas.

A Física integra a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, ao lado das disciplinas de Biologia e Química. Esta área

[...] propõe ampliar e sistematizar as aprendizagens essenciais desenvolvidas até o 9º ano do Ensino Fundamental. Isso significa, em primeiro lugar, focalizar a interpretação de fenômenos naturais e processos tecnológicos de modo a possibilitar aos estudantes a apropriação de conceitos, procedimentos e teorias dos diversos campos das Ciências da Natureza. Significa, ainda, criar condições para que eles possam explorar os diferentes modos de pensar e de falar da cultura científica, situando-a como uma das formas de organização do conhecimento produzido em diferentes contextos históricos e sociais, possibilitando-lhes apropriar-se dessas linguagens específicas (BRASIL, 2018, p. 537).

Estratégias metodológicas podem ser aliadas na busca por despertar essa curiosidade nos estudantes, auxiliando-os a interpretar os fenômenos naturais. Entre essas estratégias, pode-se destacar a experimentação e a modelagem matemática.

A experimentação, conforme Japiassú e Marcondes (2008, p. 95), é a “interrogação metódica dos fenômenos, efetuada através de um conjunto de operações, [...] primeiro passo para a matematização da realidade. A experimentação “verifica” uma hipótese oriunda da experiência e chega, eventualmente, a uma lei, dita Experimental”.

A experimentação possui a dimensão de transformar o real, criando novos fenômenos, e o experimento é uma “atividade prática em que o aluno é orientado a investigar um problema. As atividades experimentais orientadas pelo professor devem possibilitar aos alunos melhor compreensão dos processos de ação das ciências” (ROSITO, 2008, p. 203). Nesse sentido, pode-se dizer que a experimentação permite que os estudantes percebam a realidade como ela é, descobrindo a teoria na prática.

A Modelagem Matemática (MM), oriunda da Matemática aplicada e posteriormente utilizada na Educação Matemática, pode ser uma estratégia com potencialidades para o ensino de Física também, pois ambas se propõem a investigar problemas da realidade, transformando-os em problemas matemáticos, cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem usual (BASSANEZI, 2010).

Tendo como hipótese que a MM é uma estratégia promissora para o ensino de Física, esta pesquisa busca responder ao seguinte questionamento: Como se apresentam as pesquisas que tratam sobre intervenções que utilizam a Modelagem Matemática no ensino de Física? Para isso, tem-se como objetivo compreender como se apresentam as pesquisas que tratam sobre intervenções que utilizam a Modelagem Matemática no ensino de Física.

Dessa forma, este artigo está organizado do seguinte modo: além desta introdução, apresenta-se um marco teórico que trata sobre MM e Experimentação; a seguir o percurso metodológico adotado para produção dos dados; os resultados e discussão dos mesmos, onde é explicitada a análise dos dados; e, por fim, as considerações finais, que buscam responder à questão de pesquisa.

## A MODELAGEM MATEMÁTICA E A EXPERIMENTAÇÃO

A Modelagem Matemática é uma tendência da Educação Matemática, com estudos há mais de 40 anos no Brasil, e apresenta diferentes concepções. Não há um consenso sobre sua definição, gerando uma gama de estudos em diferentes direções. Exemplificando de forma sucinta, Barbosa (2001) considera a modelagem como um ambiente de aprendizagem, no qual os estudantes são convidados a investigar por meio da modelagem; Almeida e Dias (2004) a consideram uma alternativa pedagógica, destacando o caráter investigativo e o estabelecimento de uma perspectiva socioepistemológica; Araújo (2009), por sua vez, considera a modelagem um ambiente de aprendizagem orientado por um referencial crítico de Educação Matemática; Caldeira (2009) entende a modelagem como uma concepção de educação matemática advinda de projetos, sem a preocupação de reproduzir conteúdos curriculares, mas sem exclusão dos conceitos universais da matemática.

Biembengut (2016) apresenta a modelação ou modelagem na educação, definindo-a como um método de pesquisa aplicado à Educação, que consiste na elaboração de um modelo. Segundo a autora, a modelagem matemática pode ser aplicada à Educação em qualquer fase de escolaridade e em qualquer disciplina.

Todas essas concepções têm como base os estudos de Rodney Carlos Bassanezi, considerado um dos precursores da Modelagem Matemática (MM) no Brasil. Segundo Bassanezi (2010, p. 45), a modelagem “trata-se de um processo dinâmico de busca de modelos adequados, que sirvam de protótipos de alguma entidade”. Para o autor, modelo matemático consiste em um conjunto de relações matemáticas e símbolos que, de alguma maneira, representam o objeto estudado. Ele afirma que esses modelos matemáticos podem ser formulados conforme a natureza dos fenômenos ou situações analisados e classificados de acordo com o tipo de matemática utilizada.

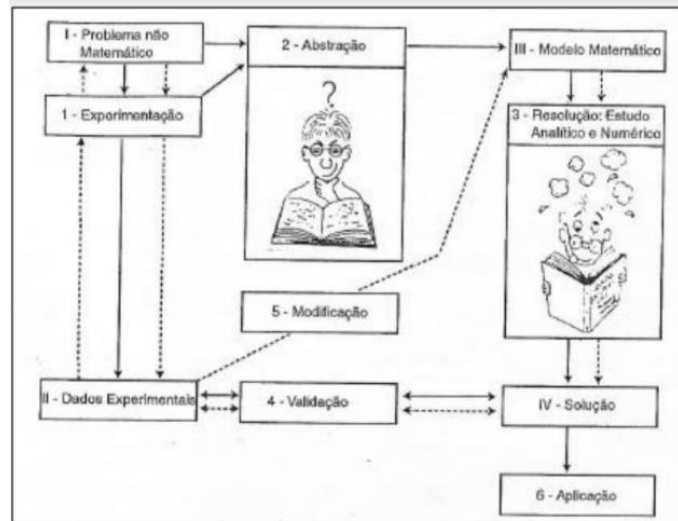
De acordo com Moreira (2014, p. 6), “nas ciências, praticamente todo conhecimento produzido depende de modelos. As teorias são consideradas mais do que modelos, mas sem estes muitas não existiriam. Modelos são também fundamentais para o desenvolvimento cognitivo”. Conforme o autor, no ensino de Ciências, o professor ensina modelos científicos que foram projetados por pessoas que se utilizam de modelos mentais e espera que o estudante construa modelos mentais consistentes com os científicos. “O objetivo do ensino é, através de modelos científicos e teóricos, levar o aprendiz a construir modelos mentais adequados” (MOREIRA, 2014, p. 10).

Aprender Ciências e Matemática é muito mais do que construir um ou outro modelo, ou incorporar cognitivamente um modelo pronto, como se fosse definitivo. É modelar permanentemente! A aprendizagem significativa implica uma interação cognitiva entre conhecimentos prévios e novos conhecimentos [...]. A modelagem permeia tudo isso. Aprender e modelar estão intrinsecamente relacionados. Enquanto está modelando, o sujeito, o(a) aluno(a) no caso, está aprendendo e vice-versa (MOREIRA, 2014, p. 15-16).

Na visão de Bassanezi (2010, p. 24), a Modelagem Matemática (MM) é um “processo dinâmico utilizado para obtenção e validação de modelos matemáticos”. Pode ser considerada uma maneira de abstração e generalização com o objetivo de prever tendências. A MM consiste essencialmente na “arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem usual” (BASSANEZI, 2010, p. 24).

A MM de uma situação-problema, segundo Bassanezi (2010), deve seguir uma sequência de etapas com o intuito de construir e/ou adaptar um modelo matemático, conforme mostra a figura 1:

Figura 1 - Etapas da Modelagem Matemática.



Fonte: Bassanezi (2010, p. 27).

De acordo com Bassanezi (2010), o processo de Modelagem apresenta uma sequência de etapas: 1. Experimentação, 2. Abstração, 3. Resolução, 4. Validação, 5. Modificação, e 6. Aplicação (ver figura 1).

1. **Experimentação:** Nessa etapa, ocorre a ‘obtenção de dados’, os quais possibilitarão a construção do modelo. Para isso, é necessário determinar um método, que deverá considerar o tipo de “experimento e objetivo da pesquisa” (BASSANEZI, 2010, p. 26).
2. **Abstração:** As técnicas e os esquemas elaborados deverão contribuir para a ‘formulação dos modelos matemáticos’. Nesse sentido, faz-se necessário estabelecer e selecionar alguns elementos que ajudarão na construção do modelo. Eles são: “seleção das variáveis, problematização ou formulação dos problemas teóricos em uma linguagem própria da área em que se está trabalhando, formulação de hipótese e simplificação da situação” (BASSANEZI, 2010, p. 27-28).
3. **Resolução:** Nessa etapa, obtém-se o modelo matemático que substitui a linguagem natural pela linguagem matemática coerente (BASSANEZI, 2010).
4. **Validação:** O modelo é testado considerando as hipóteses para verificar sua eficácia. Assim, um modelo deve prever, no mínimo, os fatores que o originaram. Um bom modelo é aquele que tem capacidade de previsão de novos fatos ou relações. Caso o modelo atenda às especificidades esperadas, será aceito; caso contrário, poderá ser rejeitado ou necessitar de melhorias (BASSANEZI, 2010).
5. **Modificação:** Ocorre caso o modelo seja rejeitado ou precise passar por algum tipo de reformulação. É considerado um modelo satisfatório aquele que pode propiciar a formulação de novos modelos (BASSANEZI, 2010).
6. **Aplicação:** A aplicabilidade de um modelo depende do contexto em que é desenvolvido. “Um modelo parcial pode atender às necessidades imediatas de um pesquisador mesmo que não

comporte todas as variáveis que influenciam a dinâmica do fenômeno estudado” (BASSANEZI, 2010, p. 31).

Para Bassanezi (2010), no ensino com modelagem o processo de validação não deve ser considerado prioridade, uma vez que a dinâmica utilizada na obtenção do modelo já contribui para que o estudante desenvolva uma visão crítica e para que ele seja um cidadão “participativo da sociedade em que vive” (BASSANEZI, 2010, p. 38). A figura 2, a seguir, mostra um esquema simples que sintetiza as ideias da MM, ou seja, a partir de um problema da realidade ocorre a interpretação por meio de um modelo matemático e se “desenvolve” um modelo formalizado para resolver esse problema.

Figura 2 - Esquema simplificado de Modelagem Matemática.



Fonte: Bassanezi (2010, p. 44).

Assim como a MM, a experimentação também parte de um problema real, pois as “atividades experimentais têm por fundamento a solução de problemas da realidade dos alunos e, além disso, são geradoras de conflitos cognitivos entre o que o aprendiz já sabe e o que busca saber” (MADRUGA; KLUG, 2015, p. 59).

Para Rosito (2008), a experimentação é eficaz para o ensino de Ciências, pois permite que as atividades práticas integrem professor e estudantes, proporcionando um planejamento conjunto e o uso de técnicas de ensino, podendo levar a uma melhor compreensão dos processos das ciências. Rosito (2008) afirma que a utilização da experimentação em sala de aula depende da concepção do professor e pode ter caráter:

- a) **Demonstrativo** – quando as atividades práticas são voltadas apenas à demonstração de verdades estabelecidas. “Estas atividades geram crença nas ciências e geralmente não permitem compreender a sua construção, nem tampouco contribuem para a visualização no seu todo” (ROSITO, 2008, p. 200).
- b) **Empírico-indutivista** – seguem-se regras estabelecidas pelo método científico, consistindo na obtenção do conhecimento científico por meio de observações e do uso do método indutivo. Nessa concepção, o conhecimento científico também é composto por verdades absolutas que não podem ser questionadas (ROSA; ROSA, 2010).
- c) **Dedutivista-racionalista** – parte das hipóteses que direcionam as experimentações, e essas hipóteses, por sua vez, são derivadas de teorias. Entende-se que a experimentação e a observação por si só não constroem conhecimento. O conhecimento científico é obtido daquilo que se observa, aplicando-se as regras do método científico. Dessa forma, “o ensino orientado dentro desta concepção pode desvalorizar a criatividade do trabalho científico, conduzindo os alunos a aceitar o conhecimento científico como um conjunto de verdades definitivas e inquestionáveis” (ROSITO, 2008, p. 200).



d) **Construtivista** – parte do conhecimento prévio dos estudantes. O conhecimento científico é oriundo desses conceitos pré-existentes, seja pelo aprimoramento de ideias mais simples ou mudança de determinado conceito. O mais importante é a realidade do estudante em um processo de ação e reflexão a partir dos fenômenos observados. Para Rosito (2008, p. 201), os experimentos são “[...] desenvolvidos na forma de problemas ou testagem de hipóteses. Nessa concepção, o conhecimento é entendido como construído ou reconstruído pela estrutura de conceitos já existentes. Desse modo, a discussão e o diálogo assumem um papel importante”.

Nesse cenário, pode-se dizer que experimentação faz mais sentido para a aprendizagem quando está inserida em um contexto de investigação. Atividades experimentais no ensino e aprendizagem de Ciências podem ser parte da ação investigativa do ambiente educacional (MADRUGA; KLUG, 2015).

Pode-se perceber relações entre a modelagem matemática e a experimentação, sendo esta última mais utilizada no ensino de Física. É possível que exista uma sintonia entre essas duas estratégias, o que pode ser verificado nas investigações analisadas neste trabalho.

## PERCURSO METODOLÓGICO

Esta pesquisa é de abordagem qualitativa (BOGDAN; BIKLEN, 2010). Para os autores, uma investigação qualitativa apresenta as seguintes características: a) o ambiente natural é a fonte dos dados e o investigador é o instrumento principal; b) descritiva; c) interesse pelo processo; d) análise de dados de forma indutiva; e e) importância do significado. Segundo os autores, nem todos os estudos considerados qualitativos possuem estas características com igual eloquência. Alguns estudos são “[...] totalmente desprovidos de uma ou mais características. A questão não é tanto a de se determinada investigação é ou não totalmente qualitativa; trata-se sim de uma questão de grau” (BOGDAN; BIKLEN, 2010, p. 47).

Nesse sentido, entende-se que nesta pesquisa são apresentadas pelo menos quatro dessas características, são elas: o ambiente natural é a fonte dos dados e o investigador é o instrumento principal (a), pois foram feitas buscas por pesquisas acadêmicas disponibilizadas no repositório da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações - BDTD, tendo os pesquisadores o meio principal para produção dos dados.

É descritiva (b), pois os dados, relatórios de investigações, são analisados detalhadamente pelos pesquisadores. Segundo Bogdan e Biklen (2010), os investigadores qualitativos procuram analisar os dados em todos os seus detalhes. De acordo com os autores, a palavra escrita assume particular importância na abordagem qualitativa, tanto para registro dos dados quanto para disseminação dos resultados. Nesta investigação, os detalhes são considerados, fazendo-se uma descrição das pesquisas analisadas.

Há interesse pelo processo (c), e não simplesmente pelos resultados ou produto. De acordo com os autores, a abordagem da investigação qualitativa exige que os dados sejam examinados com a ideia de que nada é trivial, que tudo tem potencial para constituir uma pista que permita estabelecer uma compreensão mais esclarecedora do objeto de estudo. Esse interesse no processo ocorre nesta pesquisa, pois as pesquisas são analisadas levando em consideração todo o processo para obtenção dos resultados.

Nesta pesquisa ocorre a preocupação com a importância do significado (e), pois há uma análise se a interpretação dos pesquisadores tem o mesmo significado que os autores das obras procuraram transmitir.

Além disso, esta pesquisa apresenta um cunho bibliográfico, pois “é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos” (GIL, 2002, p. 44). Para organização e análise dos dados, utilizou-se o mapeamento na pesquisa educacional, conforme Biembengut (2008), o qual visa possibilitar a formação de imagens da realidade, permitindo assim o sentido de informações, captação de características e traços relevantes, representando-as e explicitando-as para que possam interessar, agir e imiscuir-se sobre a realidade (BIEMBENGUT, 2008).

Para produzir os dados utilizados como corpus de análise, foi feita uma busca na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), vinculada ao Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). Justifica-se a escolha deste repositório por apresentar pesquisas completas (teses e dissertações) e por ser possível buscá-las até o ano de 2020, o que não é possível no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que apresenta investigações somente até o ano de 2019, pelo menos até o momento de realização desta pesquisa.

Na BDTD, utilizou-se a expressão exata: “modelagem matemática” + “ensino de física”, obtendo-se 36 pesquisas que reúnem essas duas palavras-chave. Como o resultado apresenta um quantitativo pequeno, optou-se por não inserir filtros, analisando todas as pesquisas de maneira preliminar. O intuito desta análise foi verificar se todas elas têm potencialidades para responder à seguinte questão de pesquisa: “Como a Modelagem Matemática se apresenta nas pesquisas que tratam sobre o ensino de Física?” para, assim, atingir o objetivo de apresentar uma análise crítica de pesquisas que tratam sobre a Modelagem Matemática no ensino de Física.

Esta primeira etapa se deu por meio da análise do título, palavras-chave e resumos das 36 pesquisas. A partir dessa primeira ação, foi possível observar que duas pesquisas estavam duplicadas, ou seja, apareciam duas vezes nesse banco de dados, acarretando um total efetivo de 34 investigações. Destas, 17 abordavam apenas o tema Modelagem Matemática (MM), mas não se referiam ao Ensino de Física; e 05 traziam a temática acerca do Ensino de Física, mas não aliada à MM. Isso justifica a exclusão destas 22 pesquisas, sendo que outra pesquisa (tese) também foi excluída pelo fato de não ter sido encontrado o trabalho completo. Encontrou-se apenas um recorte publicado em uma revista, no entanto, estava muito sintetizado. Dessa forma, optou-se por não o incluir, resultando, assim, em um quantitativo de 11 investigações, entre teses e dissertações, que fizeram inicialmente parte do corpus de análise desta pesquisa. Todavia no momento da leitura mais criteriosa, duas teses foram excluídas, são elas:

a) A pesquisa de Rosa (2019), intitulada “Fundamentação termodinâmica da teoria quântica: subsídios históricos, de Boltzmann a Poincaré, e computacionais para o Ensino de Ciências”. Essa pesquisa foi inicialmente elencada, pois consta “modelagem matemática” nas palavras-chave e no resumo. No entanto, ao analisá-la, percebeu-se que o estudo traz uma historiografia da ciência, apresentando os fundamentos teóricos que proporcionaram à física construir um novo modelo matemático para explicar os fenômenos microfísicos, trazendo reflexões no campo teórico, o que justifica a sua exclusão.

b) A pesquisa de Arevalo (2013), intitulada “Papel da “matematização” nas explicações de professores e alunos em disciplinas de Física na formação inicial de professores”. Essa investigação buscou estabelecer parâmetros para a utilização da “Matematização da Física” de modo a contribuir para a melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem da Física na formação inicial de professores. Para tanto, o autor apresenta estudos teóricos e entrevistas com professores da Licenciatura em Física de uma universidade de São Paulo, que o levaram a criar

categorias para a matematização no ensino de Física, e concluir que as perspectivas dos professores se aproximam em alguns aspectos da Matematização a partir da modelagem matemática. Como não houve intervenção com estudantes nessa pesquisa, a mesma foi excluída da análise neste artigo, pois o objetivo aqui é compreender como se apresentam as pesquisas que tratam sobre intervenções que utilizam a Modelagem Matemática no ensino de Física.

Dessa forma, o corpus de análise foi formado por nove investigações, sendo sete dissertações (codificadas como D1, D2, D3, D4, D5, D6 e D7) e duas teses (codificadas como T1 e T2). No quadro 1, a seguir, apresentam-se as investigações utilizadas para análise nesta pesquisa, em ordem aleatória.

**Quadro 1** - Pesquisas que compõem o corpus de análise

Codificação	Título	Autor(es)	Ano	Citação
D1	A Modelagem Matemática como panorama para o Ensino de Física	Murilo Fugikava Daniel	2020	Daniel (2020)
D2	O uso da modelagem matemática como proposta para a melhoria do ensino da Física na região Amazônica	Rodrigo da Silva Soares	2017	Soares (2017)
D3	A utilização da experimentação no Ensino de Física: modelando um ambiente de aprendizagem	Michel Corci Batista	2009	Batista (2009)
D4	O uso do <i>software Modellus</i> na formação inicial de licenciandos em Física dentro da abordagem metodológica da sala de aula invertida	Marcelo Tomanik	2015	Tomanik (2015)
D5	Uso de ferramentas tecnológicas no Ensino de Física para o Ensino Médio: Modelagem Matemática a partir do <i>software Modellus</i>	Daniela Cristina Barsotti	2013	Barsotti (2013)
D6	Do positivo ao negativo: utilizando ferramentas computacionais e experimentação para a simulação de (meta)materiais refrativos	Carina de Freitas Velloso Nozela	2016	Nozela (2016)
D7	Reforçando a relação entre a Matemática e a Física no Ensino Médio através de exemplos básicos de mecânica clássica	Renato Rodrigues Medina	2017	Medina (2017)
T1	Modelagem Matemática e construção epistemológica de modelos científicos: uma abordagem para o Ensino de Física	Gabriela Helena Geraldo Issa Mendes	2018	Mendes (2018)
T2	Ensino de Física pela comparação entre experimento e modelo teórico com o uso da Modelagem Matemática	Manoel Januário da Silva Neto	2015	Neto (2015)

Fonte: Os autores (2021).



As investigações elencadas no quadro 1 se configuram como dados desta pesquisa, as quais foram analisadas criteriosamente, estabelecendo-se relações na busca por convergências e divergências que pudessem subsidiar os resultados.

Para melhor explicitar tais resultados, foram elencadas as seguintes categorias *a priori*: a) objetivo(s) e contexto das pesquisas; b) bases teóricas que fundamentaram as pesquisas; c) metodologia das pesquisas e desenvolvimento das intervenções; e d) principais resultados das pesquisas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para análise dos resultados, foram consideradas as orientações de Biembengut (2008) sobre o mapa de análise, as quais afirmam que é necessária percepção e compreensão para explicitar as significações dos dados, bem como a interpretação e avaliação do contexto acerca do que é relevante e seu grau de relevância. Para Biembengut (2008), a descrição e a compreensão são realizadas durante o percurso da pesquisa, e a interpretação e avaliação dos fenômenos ou entes de uma pesquisa dependem do conhecimento do pesquisador sobre a teoria que sustenta o tema em questão, bem como da proposta de outro olhar sobre a teoria.

Como apoio ao processo de análise, foi utilizado o *software* Atlas Ti para auxiliar o pesquisador na sistematização das informações oriundas das investigações. A seguir apresentam-se as quatro categorias de análise definidas *a priori*.

### Objetivo(s) e contexto das pesquisas

Para melhor visualização do leitor, optou-se por dispor os objetivos das investigações analisadas em forma de quadro. Assim, no quadro 2, apresentam-se o(s) objetivo(s) das pesquisas:

Quadro 2 - Objetivos das pesquisas

Codificação Curso <sup>3</sup>	Citação	Objetivo(s)
D1 - MP	Daniel (2020)	Usar a Física como motivação para o ensino da Matemática, especificamente o assunto de funções, funções quadráticas e o estudo da parábola.
D2 - MP	Soares (2017)	Propor a Modelagem Matemática como metodologia de ensino-aprendizagem da Física, a fim de gerar um ambiente de aprendizagem que favoreça não somente a contextualização e a motivação, mas também a interdisciplinaridade entre Física e Matemática.
D3 - MA	Batista (2009)	Investigar as potencialidades da Modelagem Matemática como uma proposta metodológica para o ensino e aprendizagem de Ciências no Ensino Fundamental.

<sup>3</sup>Codificou-se da seguinte maneira com relação aos cursos: MP - Mestrado Profissional; MA - Mestrado Acadêmico; D - Doutorado.

D4 - MA	Tomanik (2015)	Demonstrar a viabilidade da aplicação da metodologia denominada Sala de Aula Invertida a partir do desenvolvimento de materiais instrucionais simples e com o emprego de recursos disponíveis à maioria dos professores de Física.
D5 - MA	Barsotti (2013)	Proposição e aplicação de uma sequência de atividades envolvendo a Modelagem Matemática no ensino de Física, envolvendo o <i>software Modellus</i> .
D6 - MP	Nozela (2016)	Desenvolvimento de simulações de fenômenos físicos com modelagem matemática e experimentação.
D7 - MP	Medina (2017)	Apresentar algumas estratégias de ensino na tentativa de fortalecer a relação entre a Matemática e a Física no Ensino Médio.
T1 - D	Mendes (2018)	Analisar se uma situação de ensino envolvendo a Modelagem Matemática e discussões epistemológicas proporciona a estudantes graduandos de Física e Matemática um entendimento a respeito da 2ª Lei de Newton, bem como a formulação de seu modelo científico.
T2 - D	Neto (2015)	Efetuar estudos de tópicos de Física Experimental com o uso da Modelagem com o objetivo de comprovar a aprendizagem de conceitos físicos quando se compara a experimentação com o modelo teórico.

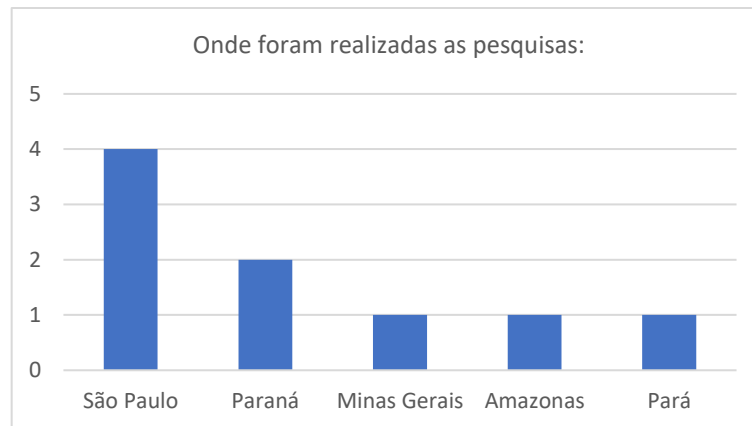
**Fonte:** Os autores (2021).

Nos cursos de mestrado profissional, o pesquisador deve apresentar um produto educacional para a comunidade acadêmica. Nesse sentido, o desenvolvimento de intervenções é comum. Além disso, há uma preocupação com o objeto matemático, para o qual, na maioria das investigações, é dedicada uma ou mais seções do texto.

Já os mestrados acadêmicos apresentam um rigor maior no que tange ao método científico, apresentando uma pesquisa com objetivos mais claros e uma metodologia extensa que facilita a compreensão do leitor. Assim como as teses, que são ainda mais aprofundadas teórico e metodologicamente.

Quanto aos objetivos, todos têm em comum o fato de apresentarem intervenções de ensino, o que foi requisito para a escolha destas pesquisas. As pesquisas foram desenvolvidas em cinco estados da Federação: Região Sul - Paraná (D3 e T1); Região Sudeste - São Paulo (pesquisas D1, D5, D6 e D7) e Minas Gerais (D4); e Região Norte - Amazonas (D2) e Pará (T2). A figura 3 mostra a distribuição nos estados.

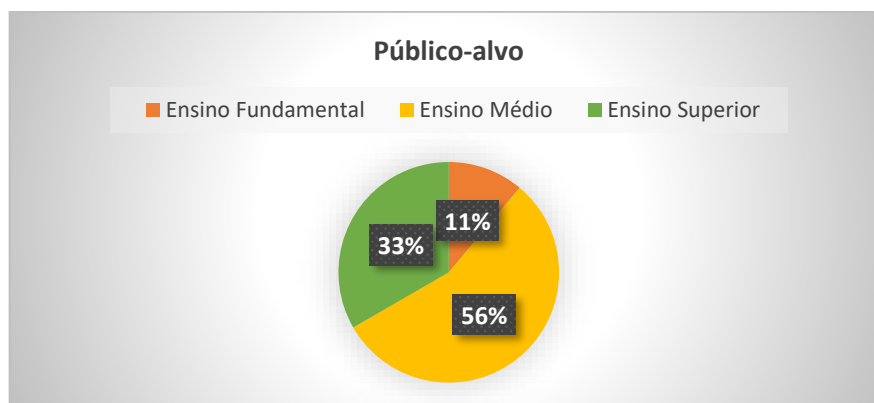
**Figura 3** - Estados brasileiros onde as pesquisas foram desenvolvidas



Fonte: Os autores (2021).

No que diz respeito ao contexto onde as pesquisas foram desenvolvidas, variou entre a Educação Básica e o Ensino Superior. A pesquisa D3 teve como público-alvo estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental (na época da aplicação a nomenclatura usada era 8ª série) em uma escola particular. As pesquisas D1 e D2 foram desenvolvidas em escolas públicas com estudantes do 1º ano do Ensino Médio; D5, D6 e D7 tiveram como locus de pesquisa escolas privadas, sendo respectivamente estudantes de 1º, 2º e 3º anos do Ensino Médio. Já as investigações D4, T1 e T2 foram aplicadas em Universidades com estudantes de Licenciatura em Física (D4), Licenciatura e Bacharelado em Física e Matemática (T1) e Licenciatura em Ciências Naturais e Engenharia Civil (T2). A figura 4 apresenta o percentual relacionado aos níveis de ensino nos quais as pesquisas foram desenvolvidas.

**Figura 4** - Público-alvo das pesquisas analisadas



Fonte: Os autores (2021).

As intervenções foram realizadas em salas de aula (D1, D2, D3, D7), laboratórios de informática (D5, D6) ou outros espaços, no caso, por exemplo, das investigações que propuseram minicursos para os interessados (D4, T1, T2).

O que se pode observar em comum entre todas as investigações é a preocupação do pesquisador em apresentar alternativas que possam impactar, de fato, o ensino, em especial o de Física. Os pesquisadores deixam claro em seus objetivos (explícita ou implicitamente) suas

preocupações com relação à aprendizagem dos estudantes e destacam as relações entre a Matemática e a Física, bem como o quanto o estudo em conjunto pode auxiliar para melhorar a compreensão de ambos os componentes curriculares.

### Bases teóricas que fundamentam as pesquisas

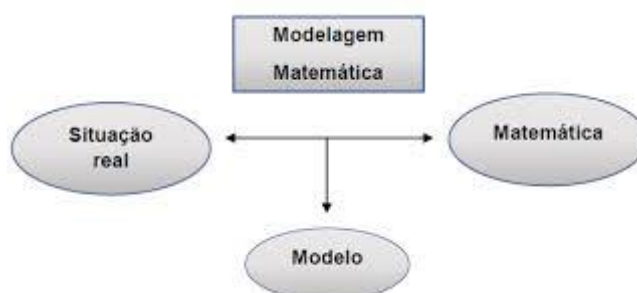
Embora todas as pesquisas apresentem a Modelagem Matemática (MM) em seus resumos ou palavras-chave, nem todas as investigações a utilizam em suas bases teóricas. Os mestrados profissionais, como já mencionado, dedicam muito tempo a explicação matemática ou física dos objetos de estudo, ou seja, os conteúdos que pretendem desenvolver por meio das intervenções. Já as teses e as pesquisas oriundas de mestrados acadêmicos dedicam mais espaço aos seus respectivos marcos teóricos, detalhando-os.

As pesquisas D1, D2, D3, T1 e T2 apresentam uma fundamentação teórica consistente sobre MM, trazendo principalmente as ideias de Bassanezi para modelo matemático, o qual é considerado “um conjunto consistente de equações ou estruturas matemáticas, elaborado para corresponder a algum fenômeno que pode ser físico, biológico, social, psicológico, conceitual ou outro modelo matemático” (BASSANEZI, 2010, p. 170). Para modelagem matemática, apresentam a definição de que é a arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos, explicando-os e interpretando suas soluções na linguagem do mundo (BASSANEZI, 2010).

Em suma, as ideias de Bassanezi (2010) apresentam a Modelagem Matemática como um processo dinâmico utilizado para obtenção e validação de modelos matemáticos. Uma forma de abstração e generalização com a finalidade de previsão de tendências.

As pesquisas D2 e T1, além de fundamentadas nos estudos de Bassanezi, apresentam as ideias de Biembengut e Hein (2013), os quais consideram que a modelagem é o elo entre a matemática e a realidade, conforme mostra a figura 5.

Figura 5 - Definição de MM para Biembengut e Hein (2013)



Fonte: Biembengut e Hein (2013, p. 13).

Em sua fundamentação teórica, as pesquisas D2 e T1 trazem, ainda, as etapas de MM prescritas por Biembengut e Hein (2013), a saber: interação - reconhecimento da situação-problema e a familiarização com o assunto a ser modelado; matematização - formulação do problema (hipótese) e resolução do problema em termos do modelo; e modelo matemático - interpretação da solução e validação do modelo (avaliação). Cabe destacar que T1 apresenta também uma fundamentação densa sobre formação de professores (saberes docentes) e epistemologia da ciência.

As pesquisas D3 e T2 se fundamentam nas ideias de Barbosa (2004a), o qual define MM como um ambiente de aprendizagem e afirma que:

O ambiente de Modelagem está associado à problematização e investigação. O primeiro refere-se ao ato de perguntas e/ou problemas enquanto que o segundo, à busca, seleção, organização e manipulação de informações e reflexão sobre elas. Ambas as atividades não são separadas, mas articuladas no processo de envolvimento dos alunos para abordar a atividade proposta. (BARBOSA, 2004a, p. 4).

Essas investigações apresentam os três casos propostos por Barbosa (2004b) e ilustram a flexibilidade da Modelagem nos diversos contextos escolares, conforme a figura 6.

**Figura 6 – Tarefas no processo de MM**

	Case 1	Case 2	Case 3
Formulação do problema	professor	professor	professor/aluno
Simplificação	professor	professor/aluno	professor/aluno
Coleta de dados	professor	professor/aluno	professor/aluno
Solução	professor/aluno	professor/aluno	professor/aluno

Fonte: Barbosa (2004b, p. 5).

Para o autor, do caso 1 para o 3, a responsabilidade do professor sobre a condução das atividades vai sendo mais compartilhada com os estudantes. Os casos não são prescritivos, mas se tratam da idealização de um conjunto de práticas correntes na comunidade (BARBOSA, 2004b).

A pesquisa D4 fundamenta-se principalmente em sala de aula invertida e modelagem computacional, teoria que foi compartilhada também por D6. Sampaio (2009), ao se referir à modelagem computacional no ensino, afirma que pode ser abordada a partir de três perspectivas: construção do conhecimento em ciências; explicitação e refinamento das representações mentais sobre um conhecimento; e percepção de mundo a partir de uma visão dinâmica de sistemas. O processo de modelagem computacional ocorre quando são usadas técnicas de computação para demonstrar determinada representação. Além da modelagem computacional, D6 realiza a fundamentação do estudo com base em modelos científicos, simulações e experimentação.

As pesquisas D5 e D7 não apresentam fundamentação teórica, mas uma revisão bibliográfica. No caso de D5, sobre computador e MM como ferramentas de auxílio no processo de ensino e aprendizagem com enfoque no ensino de Física, analisa pesquisas que utilizaram o *software Modellus*. Em D7, o autor levanta questões sobre a matematização no ensino de Física, além de conceitos físicos do objeto de estudo.

Foi possível observar que das nove pesquisas analisadas, apenas cinco apresentam fundamentação sobre MM, sendo que as duas teses (T1 e T2) trazem uma fundamentação mais densa que as dissertações, o que é normal, visto o teor da pesquisa.

Cabe destacar que a experimentação aparece, mesmo que implicitamente, em todas as pesquisas, a não ser em T2, que dedica uma seção do marco teórico ao ensino por meio de experimentação. Analisando as atividades desenvolvidas, pode-se dizer que se referem à concepção construtivista (ROSITO, 2008), pois é considerado o conhecimento prévio do

estudante. Isso fica evidente nos questionários diagnósticos que foram utilizados pelos autores. Percebeu-se uma preocupação dos autores em considerar o conhecimento científico partindo de conceitos pré-existentes na realidade dos estudantes, que, a partir daí, passam por um processo de ação e reflexão durante o desenvolvimento da intervenção, considerando os fenômenos que foram observados.

### Metodologia das pesquisas e desenvolvimento das intervenções

Todas as pesquisas analisadas apresentam abordagens qualitativas. Algumas delas (D1, D2, D3, D4, D6, T1) deixam explícita essa característica. A tese T2 é a única que assume uma abordagem mista, ou seja, qualitativa e quantitativa. Embora D5 e D7 não registrem isso, pode-se considerá-las também como de cunho qualitativo.

De modo geral, todas as investigações apresentam atividades práticas que foram (ou poderiam ser, no caso das propostas) desenvolvidas com estudantes. Apenas uma pesquisa (D1) tem como foco ensinar um conteúdo de Matemática (função quadrática) por meio de experimentação e MM, em conjunto com temas da Física.

Para melhor compreensão das intervenções, optou-se por organizar esse tópico em subcategorias ou blocos emergentes da análise das pesquisas, a saber: a) Experiências de Modelagem Matemática; b) Experiências de simulação de modelos; e c) Experiências de reprodução de modelos.

### Experiências de Modelagem Matemática

As pesquisas categorizadas neste grupo são aquelas que, na visão dos autores desta pesquisa, podem ser consideradas como investigações de MM de fato, ou seja, que se embasam teoricamente em uma concepção de modelagem e realizam a intervenção, conforme as diretrizes propostas pelos teóricos. São elas: D1, D3, T1 e T2.

Na pesquisa D1, o autor realizou duas atividades envolvendo parábolas (função quadrática) e MM em conjunto com a Física em duas turmas do 1<sup>a</sup> ano do Ensino Médio em duas escolas diferentes, no Estado de São Paulo. O objetivo do autor era ensinar Matemática e mostrar as relações com a disciplina de Física. A primeira atividade tratou sobre “o lançamento de foguetes”. O autor perpassa as etapas de modelagem prescritas por Bassanezi (2010) e Biembengut e Hein (2013). Embora não assuma estes últimos autores explicitamente, suas concepções estão presentes nas etapas desenvolvidas em D1. O autor constrói a proposta seguindo etapas como: 1. A história dos foguetes; 2. A construção de foguetes; 3. O estudo do foguete; 4. O lançamento; e 5. O cálculo da parábola.

A segunda atividade diz respeito ao plano inclinado. Da mesma forma, o autor segue etapas: 1. O ângulo de inclinação do plano inclinado; 2. A velocidade no plano inclinado; e 3. O lançamento horizontal. Pode-se observar que a organização da MM em etapas indica que o autor considera MM uma estratégia de ensino (BASSANEZI, 2010) que também sugere etapas ou como método de pesquisa aplicado à educação (BIEMBENGUT, 2016). Nesse sentido, pode-se dizer que o autor de D1 realiza um trabalho com MM, conforme os autores supracitados.

A pesquisa D3 realizou uma intervenção com 19 alunos do 9<sup>o</sup> ano do Ensino Fundamental em uma instituição privada do Estado do Paraná. Inicialmente, foi realizada uma atividade de experimentação que se constituiu em fazer emendas em fios rígidos e fios flexíveis, utilizando corretamente as ferramentas (alicate de corte e universal) e a fita isolante no momento de dar o acabamento na emenda. Essa atividade apresenta indícios de ser construtivista por



considerar os conhecimentos prévios dos estudantes para a sua realização. Pode-se dizer que esta seria uma atividade experimental de motivação para o trabalho com MM.

A partir desse momento inicial, o pesquisador apresenta tarefas como: 1. Realizar uma entrevista com um profissional da área de eletricidade; 2. Fazer uma produção de texto sobre o tema energia elétrica; 3. Fazer uma pesquisa sobre as mudanças no mundo após o surgimento da eletricidade; 4. Os alunos são convidados a fazer um estudo sobre a fatura de energia elétrica; 5. Os estudantes devem explorar um simulador de consumo de energia elétrica, disponibilizado no *site* da COPEL. O autor dessa pesquisa seguiu as indicações de MM na concepção de Barbosa (2001), convidando os estudantes a investigarem, propiciando um ambiente de aprendizagem na sala de aula.

As teses analisadas nesta pesquisa apresentam, também, além da fundamentação teórica consistente sobre MM, intervenções no Ensino Superior que seguem os preceitos da MM de acordo com Bassanezi (2010) - T1 e T2; Biembengut e Hein (2013) - T1; e Barbosa (2001) - T2. Em T1, a autora ministrou um minicurso para estudantes de 1º e 2º anos dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Física e Matemática. O minicurso contou com questionários prévios e posteriores, os quais foram analisados pela pesquisadora, assim como o desenvolvimento de seis atividades baseadas nas concepções de Bassanezi (2010). Essas atividades foram retiradas da literatura e devidamente referenciadas. Foram elas: 1. Volume da maçã; 2. O problema do césio em Goiânia; 3. Frota de veículos na cidade de Londrina; 4. Gravidade variável; 5. Rotatória como redutor de velocidade; e 6. Eficiência dos *Airbags*.

A pesquisa T2 foi desenvolvida também no Ensino Superior, com estudantes dos cursos de Licenciatura em Ciências Naturais e Engenharia Civil. O autor apresenta as ideias de MM (BASSANEZI, 2010) e de Experimentação, baseando-se na concepção construtivista (ROSITO, 2008). O autor desenvolveu o “Experimento de Teoria de Erro”, o qual consistiu em uma atividade experimental com o objetivo de familiarizar o estudante com o ato da medida, fazendo-o entender o valor da flutuação dos dados. Para desenvolvimento, os estudantes percorreram o seguinte caminho, com base em Bassanezi (2010): 1. Apresentação dos dados; 2. Execução do fenômeno e obtenção dos dados; 3. Análise dos dados; 4. Obtenção do modelo matemático; 5. Obter o intervalo de incerteza (validação e avaliação dos resultados).

As investigações pertencentes a este bloco, na percepção dos autores desta pesquisa, são atividades que podem ser consideradas de MM por seguirem as sugestões e etapas indicadas pelos autores base desta tendência da Educação Matemática. Aliadas ou não à Experimentação, as atividades perpassam o caminho da MM.

### Experiências de simulação de modelos

As pesquisas D4, D5 e D6 apresentam simulações computacionais com o objetivo de criar modelos matemáticos. Mas, no entendimento dos autores desta pesquisa, não ocorreu o processo de MM, e sim um processo de modelagem computacional.

Em D4 ocorreu o desenvolvimento de quatro atividades, com 10 estudantes de Licenciatura em Física no Estado de Minas Gerais, em formato de minicurso. O autor inicia disponibilizando para os participantes um tutorial sobre o *software Modellus* e logo após solicita que desenvolvam atividades nas quais é requerido criar modelos no *software*, baseando-se nos pressupostos da sala de aula invertida.

A sala de aula invertida é uma modalidade de e-learning na qual o conteúdo e as instruções são estudados on-line antes de o aluno frequentar a sala de aula, que agora passa a ser o local para trabalhar os conteúdos já estudados, realizando atividades

práticas como resolução de problemas e projetos, discussão em grupo, laboratórios etc. (VALENTE, 2014, p. 85).

As atividades de D4 solicitavam que os estudantes criassem modelos de partículas com algumas características específicas. Tais características indicavam conteúdos de Cinemática, como: Movimento Retilíneo Uniforme (MRU); Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV); Lançamento Horizontal; e Lançamento Vertical.

A pesquisa D5 foi desenvolvida com 21 estudantes de 1º ano do Ensino Médio no Estado de São Paulo. Consistiu em uma sequência de atividades sobre cinemática (MRU, MRUV e Movimento Circular Uniforme - MCU), dividida em quatro etapas: 1. Aplicação de um questionário diagnóstico; 2. Apresentação do *software Modellus* com exemplo da construção de uma simulação; 3. Criação das simulações pelos estudantes; e 4. Aplicação de questionário avaliativo.

A dissertação D6 também apresentou uma sequência de atividades desenvolvidas com 14 estudantes do 2º ano do Ensino Médio, com conteúdos de óptica geométrica (reflexão e refração). Foi aplicado um questionário diagnóstico com seis questões sobre o conteúdo para verificação dos conhecimentos prévios dos estudantes. Após, foi desenvolvida a intervenção, a qual consistiu em quatro propostas de atividades baseadas em simulações de fenômenos físicos com modelagem matemática e experimentação. As atividades envolveram: fenômenos separados; o fenômeno da refração; reflexão interna total; e imagem aparente, configurando-se como experimentos com simulação no *software Modellus* para verificação de gráficos, ângulos e possível posição de imagem.

As pesquisas categorizadas neste bloco consistem em simulações computacionais, de forma que “a simulação computacional é uma das ferramentas que pode ser utilizada para a aquisição, organização e construção do conhecimento e da visão sistêmica” (GAVIRA, 2003, p. 4). Considera-se que, mesmo os autores mencionando a MM, a mesma não ocorre de forma efetiva.

### Atividades inspiradas na Modelagem Matemática

As pesquisas D2 e D7 apresentam atividades inspiradas em MM, no entanto, parecem não atender às indicações de autores dessa tendência. D2 fundamenta-se teoricamente em Biembengut e Hein (2013), todavia, suas atividades não propõem as etapas sugeridas pelos autores. Na sua pesquisa, o autor de D2 tem como público-alvo 30 estudantes do 1º ano do Ensino Médio em uma escola estadual do Amazonas, sendo que começa fazendo uma entrevista com os estudantes e, logo após, apresenta situações-problemas preliminares, as quais ele chama de “sondagem”. Analisando os resultados dessa etapa, o autor sugere atividades de modelagem que podem ser aplicadas com estudantes de Ensino Médio, com conteúdos de Energia Mecânica; Imagens em espelhos planos; e Modelos exponenciais. Tratam-se de experimentações, mas não de um processo de MM propriamente dito.

Em sua pesquisa, D7 desenvolve atividades com 35 estudantes de 3º ano do Ensino Médio em uma escola particular do estado de São Paulo. O conteúdo de Física utilizado é referente à Mecânica (2ª Lei de Newton). A proposta foi dividida em cinco atividades: 1. A matemática como objeto auxiliar da nossa intuição; 2. A importância das funções na ciência; 3. Aplicações da 2ª Lei de Newton; 4. Abstraindo informações sobre o fenômeno físico a partir da sua modelagem matemática; e 5. Tratamento de sistemas mais complexos e utilização de gráficos.

Tanto D2 quanto D7 propõem ou desenvolvem atividades interessantes, experimentações com enfoque construtivista, no entanto, não há rigor no processo de MM. São situações-problemas que, por vezes, mencionam a construção de modelos, mas não perpassam as etapas de MM.

### Principais resultados das pesquisas

De modo geral, os resultados apontam positivamente para a utilização de MM, experimentação ou simulações computacionais no ensino e aprendizagem das disciplinas Física e Matemática. As pesquisas apontam resultados como:

- As atividades facilitaram a compreensão do conceito físico, desenvolvendo a capacidade de aprendizagem ativa e de trabalho em grupo (D1);
- Os resultados apontam que as atividades tendem a desenvolver o pensamento crítico e tornar visível a necessidade de compatibilidade com a realidade (D2);
- Possibilitou a construção de conceitos científicos, que pode ser verificada por meio da articulação entre a experimentação e a expressão oral e escrita (D3);
- A abordagem da Sala de Aula Invertida se mostrou eficiente, uma vez que os estudantes participantes da aplicação deste trabalho foram capazes de realizar todas as atividades propostas, com intervenção mínima deste autor no papel de orientador das atividades (D4);
- Parece interessante incluir programas de MM para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem de conceitos e formalizações da Física (D5);
- Foi possível perceber maior motivação para os estudos, tanto em relação aos conceitos gerais desenvolvidos quanto no que diz respeito aos conceitos de Física, especificamente. Na sequência da aplicação do conteúdo programático, os estudantes pesquisaram experimentos, simulações e tentaram utilizar o *software Modellus* para o desenvolvimento de simulações dos novos temas (D6);
- A aplicação da proposta se mostrou efetiva, com resultados produtivos, pois foi observado maior interesse pelo estudo das disciplinas de Matemática e Física (D7);
- A abordagem proporcionou aos estudantes reflexões a respeito da construção do conhecimento científico, bem como uma nova compreensão relacionada ao papel da Matemática e da Física (T1);
- Com a proposta, o ensino experimental ganha importância por tratar o modelo teórico de forma paralela à experimentação. A MM como estratégia de ensino de Física experimental é vantajosa (T2).

As pesquisas destacam a importância das relações entre Matemática e Física, assim como seus resultados mostram que a utilização da MM no ensino de conteúdos de Física pode auxiliar o estudante a compreender os fenômenos da realidade, matematizando-os. Seja perpassando as etapas da MM ou construindo modelos computacionais, as atividades motivaram os estudantes, instigando-os a refletir, criar hipóteses, desenvolver o pensamento crítico e a criatividade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo compreender como se apresentam as pesquisas que tratam sobre intervenções que utilizam a Modelagem Matemática no ensino de Física. Para tanto, foram selecionadas nove pesquisas na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) com a intenção de que a análise dessas investigações possibilitasse encontrar respostas para o seguinte questionamento: Como se apresentam as pesquisas que tratam sobre intervenções que utilizam a Modelagem Matemática no ensino de Física?

De acordo com a análise, as pesquisas que utilizam MM no ensino de Física se apresentam de três maneiras:

- i) Experiências de Modelagem Matemática – é o bloco de pesquisas que utiliza a MM de fato, ou seja, fundamenta-se em teóricos que trazem conceitos, definições e concepções a respeito dessa tendência e desenvolvem atividades orientadas por este referencial;
- ii) Experiências de simulações de modelos – é o bloco de investigações que utiliza o *software Modellus* para simulação computacional. Nestas pesquisas não há utilização das etapas de modelagem, mas existe a criação de um modelo da(s) situação(ões)-problema(s) sugeridas pelo pesquisador;
- iii) Atividades inspiradas na Modelagem Matemática – este bloco apresenta as pesquisas que não fazem MM. Estas apresentam atividades, ou seja, situações-problemas que não seguem as etapas prescritas para essa tendência.

Foi perceptível que os autores tenderam a utilizar a MM conjuntamente com a experimentação no ensino de Física e, de fato, esta parece ser uma ótima alternativa para o desenvolvimento da curiosidade, criticidade e criatividade nos estudantes.

Todas as pesquisas apresentam resultados satisfatórios, seja utilizando os procedimentos de MM, simulando a construção de modelos, ou apresentando situações-problemas com temáticas interessantes. Essas investigações reforçam a importância das relações entre a Matemática e a Física e alertam os professores para esse olhar interdisciplinar, que pode auxiliar significativamente os estudantes na aprendizagem de ambas as disciplinas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lourdes Maria Werle; DIAS, Michele Regiane. Um estudo sobre o uso da modelagem matemática como estratégia de ensino e aprendizagem. **Bolema**. Boletim de Educação Matemática (UNESP. Rio Claro. Impresso), Rio Claro, v. ano 17, n. 22, p. 19-36, 2004.

ARAÚJO, Jussara Loiola. Uma abordagem sócio-crítica da modelagem matemática: a perspectiva da educação matemática crítica. **Alexandria Revista de Educação em Ciências e Tecnologia**, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 55-68, jul. 2009.

AREVALO, Diego Fabian Vizcaíno. **Papel da “matematização” nas explicações de professores e alunos em disciplinas de Física na formação inicial de professores**. Tese. Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Bauru, 257p. 2013.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. **Modelagem matemática: concepções e experiências de futuros professores**. Rio Claro: UNESP, 2001. Tese (Doutorado em Educação Matemática), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2001.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. A contextualização e a Modelagem na Educação Matemática do Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBEM, 2004a. 1 CD-ROM.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. Modelagem Matemática: O que é? Por que? Como? **Veritati**, n.4, p. 73-80, 2004b.

BARSOTTI, Daniela Cristina. **Uso de ferramentas tecnológicas no Ensino de Física para o Ensino Médio: Modelagem Matemática a partir do software *Modellus***. Dissertação. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 90p. 2013.

BASSANEZI, Rodnei Carlos. **Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática**. São Paulo: Contexto, 2010.

BATISTA, Michel Corci. **A utilização da experimentação no Ensino de Física: modelando um ambiente de aprendizagem**. Dissertação. Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 85p. 2009.

BIEMBENGUT, Maria Salett. **Mapeamento na Pesquisa Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.

BIEMBENGUT, Maria Sallet. **Modelagem na Educação Matemática e na Ciência**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

BIEMBENGUT, Maria Salett; HEIN, Nelson. **Modelagem Matemática no Ensino**. São Paulo: Contexto, 5 ed., 2013.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto, Portugal: Editora Porto, 2010.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. 2018. Disponível em [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=85121-bncc-ensino-medio&category\\_slug=abril-2018-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=85121-bncc-ensino-medio&category_slug=abril-2018-pdf&Itemid=30192) Acesso em 18 de fev. de 2021.

CALDEIRA, Ademir Donizetti. Modelagem Matemática: um outro olhar. **Alexandria. Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 33-54, jul. 2009.

DANIEL, Murilo Fujikava. **A Modelagem Matemática como panorama para o Ensino de Física**. Dissertação. Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Bauru, 63p. 2020.



GAVIRA, Muriel de Oliveira. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento.** Dissertação. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 163p. 2003.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa?** 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

JAPIASSÚ, Hilton; MARCONDES, Danilo. **Dicionário Básico de Filosofia.** 5.ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

MADRUGA, Zulma Elizabete de Freitas.; KLUG, Daniel. A função da experimentação no ensino de Ciências e Matemática: uma análise das concepções de professores. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v.5, n.3, set/dez. 2015.

MEDINA, Renato Rodrigues. **Reforçando a relação entre a Matemática e a Física no Ensino Médio através de exemplos básicos de mecânica clássica.** Dissertação. Mestrado Profissional em Física. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 121p. 2017.

MENDES, Gabriela Helena Geraldo Issa. **Modelagem Matemática e construção epistemológica de modelos científicos:** uma abordagem para o Ensino de Física. Tese. Centro de Ciências Exatas. Universidade de Londrina. Maringá, 241p. 2018.

MOREIRA, Marco. Antônio. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. In: **Revista Brasileira de Ensino de C & T**, v. 7, n° 2, 2014.

NETO, Manoel Januário da Silva. **Ensino de Física pela comparação entre experimento e modelo teórico com o uso da Modelagem Matemática.** Tese. Instituto de Educação Matemática e Científica. Universidade Federal do Pará. Belém, 132p. 2015.

NOZELA, Carina de Freitas Velloso. **Do positivo ao negativo:** utilizando ferramentas computacionais e experimentação para a simulação de(meta)materiais refrativos. Dissertação. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 120p. 2016.

ROSA, Pedro Sérgio. **Fundamentação termodinâmica da teoria quântica:** subsídios históricos, de Boltzmann a Poincaré, e computacionais para o Ensino de Ciências. Tese. Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 303p. 2019.

ROSA, Cleci Werner; ROSA, Álvaro Becker. Discutindo as concepções epistemológicas a partir da metodologia utilizada no laboratório didático de Física. *Revista Ibero-americana de Educación* / **Revista Ibero-americana de Educação**. n. 52/6, 2010.

ROSITO, Berenice Alvares. O ensino de Ciências e a experimentação. In: MORAES, R. (Org.). **Construtivismo e ensino de ciências:** Reflexões epistemológicas e metodológicas. 3ª ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008. p.195-208.

SAMPAIO, Fábio Ferrentini. A modelagem dinâmica computacional no processo de ensino-aprendizagem: algumas questões para reflexão. In: **Ciência em Tela**, v.2, n°1, 2009.



SOARES, Rodrigo da Silva. **O uso da modelagem matemática como proposta para a melhoria do ensino da Física na região Amazônica.** Dissertação. Mestrado Profissional em Matemática, Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 60p. 2017.

TOMANIK, Marcelo. **O uso do software *Modellus* na formação inicial de licenciandos em Física dentro da abordagem metodológica da sala de aula invertida.** Dissertação. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 84p. 2015.

VALENTE, José Armando. **Blended learning e as mudanças no Ensino Superior: a proposta da sala de aula invertida.** *Educar em Revista*. Edição Especial, n. 4, 2014, p. 79-97.

**Submetido em:** fevereiro de 2021

**Aprovado em:** junho de 2021