
ESTADO DO CONHECIMENTO SOBRE PESQUISAS EM MODELAGEM NAS CIÊNCIAS E MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO

VALQUÍRIA OTTONELLI HANAUER

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

E-mail: valquiria.ottonelli@gmail.com

DANUSA DE LARA BONOTTO

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

E-mail: danusalb@uffs.edu.br

RESUMO:

Neste texto apresentamos um estudo de revisão acerca das pesquisas realizadas sobre Modelagem nas Ciências e Matemática (MCM) desenvolvidas com alunos do nível médio de ensino na perspectiva de compreender como práticas de MCM favorecem o desenvolvimento da Alfabetização Científica (AC). Desse modo, é de abordagem qualitativa, do tipo estado do conhecimento. A constituição dos dados deu-se por meio de busca na plataforma da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações do Instituto Brasileiro de Informação, Ciência e Tecnologia. Para a análise dos dados seguimos os procedimentos da Análise de Conteúdo a partir de três categorias, as quais evidenciam: a compreensão sobre modelos e modelagem estabelecidas nas pesquisas; potencialidades de práticas pedagógicas de MCM e o desenvolvimento da AC e desafios da inserção da MCM na sala de aula. Concluímos que a inserção dos pressupostos da MCM na prática docente promove o desenvolvimento da AC dos alunos desde a escolha do tema até a formulação e validação do modelo.

PALAVRAS-CHAVE:

Modelagem, Ensino de Ciências, Ensino de Matemática, Alfabetização Científica, Investigação-Formação-Ação.

THE LEVEL OF KNOWLEDGE ON MODELING IN SCIENCES AND MATHEMATICS IN HIGH SCHOOL

ABSTRACT:

This text presents a review study on research conducted on Modeling in Science and Mathematics (MCM) with high school students. This study aims to understand how MCM practices contribute to the development of Scientific Literacy (AC). Therefore, our research adopts a qualitative approach based on a state-of-knowledge framework. Data were collected through a search on the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations of the Brazilian Institute of Information, Science, and Technology (BDTD). Data analysis followed the procedures of Content Analysis, focusing on three categories: i) Understanding of the models and modeling established in research; ii) The potentialities of MCM pedagogical practices and their contribution to the development of AC, and iii) The challenges associated with integrating MCM into the

classroom. Our findings indicate that integrating MCM principles into teaching practices promotes the development of students' AC, from selecting a theme to formulating and validating a model.

KEYWORDS:

Modeling, Science Teaching, Mathematics Teaching, Scientific Literacy, Action-Training-Research.

1. INTRODUÇÃO

Os processos de ensino e de aprendizagem que acontecem na escola vêm passando por mudanças, posto o fácil acesso à informação e ao desenvolvimento de diferentes tecnologias. A democratização de acesso a dados e informações vem modificando a atuação e as expectativas relacionadas à atividade docente, implicando renovações necessárias na prática pedagógica do professor, a qual deve atentar para a necessidade de favorecer contextos que permitam aos alunos a compreensão, o questionamento e as variações do mundo que os rodeia, que estimulem a sua curiosidade, o seu espírito de investigação e o desenvolvimento da capacidade de resolver problemas, habilidades necessárias no mundo contemporâneo e para a prática da cidadania.

Nesse sentido, acreditamos que o desenvolvimento de práticas pedagógicas, fundamentadas no processo de Modelagem nas Ciências e Matemática (MCM), pode contribuir para a formação de sujeitos mais críticos com capacidade de ler e mudar a realidade em que vivem e, portanto, serem alfabetizados cientificamente. De acordo com Sasseron e Carvalho (2011), o desenvolvimento da Alfabetização Científica (AC) permite aos alunos interagir com uma nova cultura, uma nova de forma de ver o mundo e seus acontecimentos, de maneira mais consciente e crítica.

A MCM, de acordo com Biembengut (2016), é compreendida como um método de ensino com pesquisa, pois, ao perpassar pelo processo de modelagem, o aluno avança pelas etapas da pesquisa científica, desde a escolha do tema e formulação do problema até a comunicação dos resultados obtidos.

A Modelagem é o processo envolvido na elaboração de modelo de qualquer área do conhecimento. Trata-se de um processo de pesquisa. A essência deste processo emerge da mente de uma pessoa quando alguma dúvida genuína ou circunstância instigam-na a encontrar uma melhor forma para alcançar uma solução, descobrir um meio para compreender, solucionar, alterar, ou ainda, criar e aprimorar algo (BIEMBENGUT, 2016, p. 21).

Para a autora, a adaptação do processo de Modelagem para o ensino é denominada de modelação, e:

[...] oportuniza a cada aluno: entender uma situação e seu respectivo contexto; conhecer as linguagens envolvidas, incluídas as da matemática e/ou das ciências, que lhes permita descrever, representar, resolver a situação; e interpretar/validar

o resultado dentro desse contexto e aprender a arte de modelar, a pesquisar. Permite ainda propiciar ao aluno o gosto e o interesse por alguma área do conhecimento, ao perceber que esses conteúdos então apreendidos lhes valem como fundamentos ou mesmo “meios” importantes (BIEMBENGUT, 2016, p. 178).

A autora apresenta, ainda, que tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior a inserção da modelagem na sala de aula pode se dar em duas frentes: uma que permite o desenvolvimento do conteúdo curricular e não curricular desde a elaboração de modelos sobre temas e assuntos de interesse dos alunos a partir das aplicações em diferentes áreas do conhecimento, e outra em que o processo todo se realiza a partir dos temas escolhidos pelos alunos, essa menos comum na sala de aula. Importa destacar que em ambas as frentes os alunos desenvolvem habilidades para solucionar problemas advindos da realidade em que vivem e/ou de distintas áreas do conhecimento.

Desse modo, os fundamentos da modelagem podem ser uma possibilidade de organizar e estruturar o ensino na sala de aula e favorecer o desenvolvimento da AC. Para tal, é necessário o professor ter ciência do processo a fim de que o faça de modo intencional, uma vez que é ele o portador da responsabilidade na elaboração e execução dos planos de trabalho.

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa consiste em compreender como as práticas pedagógicas de MCM contribuem para o desenvolvimento da AC dos alunos do Ensino Médio. Para tal, organizamos este texto apresentando, na sequência, os procedimentos metodológicos, a discussão e os resultados, e, por fim, as conclusões sobre o estudo realizado.

2. DA MODELAGEM NAS CIÊNCIAS E MATEMÁTICA À ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

As áreas de Ensino de Ciências e Educação Matemática se constituem a partir de movimentos que advêm das pesquisas realizadas considerando elementos curriculares, abordagens conceituais, processos de ensino e de aprendizagem, utilização de tecnologias, formação de professores e práticas pedagógicas, entre outros. De modo específico, neste texto tratamos de práticas pedagógicas de MCM à luz do desenvolvimento da AC.

A Modelagem Matemática, de acordo com Bassanezi (2006, p. 18) tem sua origem na Matemática Aplicada e é caracterizada como um instrumento de evolução de outras ciências.

Nesse sentido, Maia e Justi (2017) assinalam que o processo de modelagem, ou seja, a construção de modelos, permite associar a natureza da ciência às práticas científicas.

O processo de construção de modelos é central à construção da própria ciência e, conseqüentemente, inserir os estudantes em atividades análogas ao processo de modelagem científica tem o potencial de desenvolver o conhecimento sobre esse processo e habilidades a ele associadas – o que implica em aprender tanto sobre conteúdos científicos como sobre a natureza da ciência e práticas científicas (MAIA; JUSTI, 2017, p. 2749-2750).

Já Biembengut (2016, p. 20) tem utilizado a expressão Modelagem nas Ciências e Matemática compreendendo que a modelagem é um processo de pesquisa e está presente em quase todas as atividades humanas. Assim, a inserção dos pressupostos da MCM na sala de aula favorece o engajamento do aluno, o qual a partir de um tema de seu interesse busca informações sobre tal tema, constitui dados, formula e testa hipóteses, elabora modelos, expressa-os, valida-os (ou não) e os significa e, ao perpassar por estas etapas, constrói conhecimentos. Ao considerar que o processo de modelagem permite a construção de conhecimentos Gilbert e Justi (2016) atribuem à palavra modelo o sentido de artefato epistêmico.

A partir do exposto, acreditamos que o professor, ao utilizar os fundamentos da MCM em sua prática pedagógica pode favorecer o desenvolvimento da Alfabetização Científica de seus alunos, visto que para Schultz e Bonotto (2021) práticas de MCM estimulam interesse e a curiosidade científica de modo interdisciplinar, para compreender e interpretar o cotidiano e tomar decisões responsáveis.

Compreendemos a AC na perspectiva de Sasseron e Carvalho (2008), para as quais um sujeito alfabetizado cientificamente mobiliza conhecimentos situados em três eixos estruturantes que tratam: 1) da compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; 2) da compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; e 3) do entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente. Desse modo, o planejamento do professor deve possuir elementos que permita a compreensão dos alunos acerca dos saberes das Ciências, suas relações com a evolução das tecnologias e destas com as mudanças na sociedade de modo a formar um cidadão para atuar no mundo, com posicionamentos críticos e reflexivos embasados nos fundamentos científicos.

Destacamos ainda que as etapas do processo de MCM apresentadas por Biembengut (2016), a partir de uma analogia com o processo cognitivo: *percepção e apreensão, compreensão e explicitação e significação e expressão* contém em sua natureza indicadores do desenvolvimento da AC apresentados por Sasseron e Carvalho (2008) em três grupos: 1) trabalho com os dados obtidos em uma investigação; 2) estruturação do pensamento; e 3) Entendimento da situação analisada. Tais relações estão ainda em estudo pela primeira autora deste texto. Na próxima sessão apresentamos os procedimentos metodológicos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Considerando o objetivo desta pesquisa, a classificamos como sendo de natureza qualitativa na perspectiva de Bogdan e Biklen (1994), ou seja, aquela que se preocupa com a compreensão detalhada dos significados e características de situações apresentadas pelo pesquisador, o qual é o principal responsável por constituir os dados. É do tipo estado do conhecimento, pois trata-se de um estudo descritivo acerca da produção científica sobre o tema MCM e AC.

Para a constituição dos dados produzimos uma revisão das publicações sobre o tema Modelagem nas Ciências e Matemática na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Para isso, utilizamos os indicadores de busca “Modelagem”, “Ensino de Ciências”, “Ensino de Matemática”, “Ensino Médio”, “Alfabetização Científica”, considerando os campos de busca avançada: título e assunto.

No Quadro 1, a seguir, apresentamos a quantificação dos trabalhos localizados considerando o período de 2006 a 2021, partindo dos indicadores de busca apresentados.

Quadro 1: Quantificação das pesquisas encontradas

Indicadores de busca no título	Indicadores de busca no assunto	Quantificação pesquisas encontradas	Quantificação pesquisas selecionadas para análise
Modelagem	Ensino de Ciências, Ensino Médio	12	5
Modelagem	Ensino de Matemática, Ensino Médio	18	5
Modelagem	Alfabetização Científica, Ensino Médio	0	0

Fonte: As autoras (2022).

A partir da identificação das pesquisas realizamos a leitura dos resumos com a finalidade de escolher, para análise, somente aquelas que apresentassem o desenvolvimento das práticas pedagógicas de MCM. Desse modo, não foram selecionadas as pesquisas que apenas apresentavam a análise dos dados sem a descrição da prática realizada.

Para a análise e descrição dos resultados utilizamos, como aporte metodológico, a Análise de Conteúdo de Bardin (2016). Essa abordagem metodológica propõe três etapas: i) a pré-análise; ii) a exploração do material; e iii) o tratamento dos resultados obtidos e interpretação.

A pré-análise é a etapa de organização do material a ser analisado e consiste em reconhecer dissertações e teses. A partir do critério de seleção apresentado anteriormente, selecionamos dez pesquisas para análise, as quais constituem o *corpus* deste estudo e serão submetidas aos procedimentos analíticos.

Na sequência, na etapa de exploração do material, realizamos a leitura dos trabalhos na íntegra, constituindo sínteses e tabulando dados de identificação no Microsoft Excel, sendo estes: tipo de pesquisa (dissertação ou tese), ano, palavras-chave, título, Instituição de Ensino Superior, Nomenclatura do Programa de Pós-Graduação, Campo Empírico, Estado no qual a pesquisa foi desenvolvida, área de conhecimento, trabalhos selecionados e não selecionados e justificativa. Nesta etapa também escolhemos as unidades de registro e de contexto visando à categorização e contagem frequencial. Para tal, realizamos recortes em âmbito linguístico (palavra) e semântico (tema). Desse modo, no linguístico utilizamos como unidade de registro as palavras Modelo e Modelagem, a fim de evidenciar a compreensão dos pesquisadores e as referências teóricas empregadas; já no semântico usamos como tema as práticas de modelagem desenvolvidas. Para

a identificação das pesquisas utilizamos codificação P1, P2, ..., P10 (P – pesquisa, e a numeração de acordo com os números apresentados para ordená-las), como indicado no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2: Teses e dissertações analisadas

Pesquisa	Título	Autor	Ano	IES
P1	Modelagem nas Ciências e Matemática como método de ensino com pesquisa no Ensino Médio	Cristiano Romais	2014	Furb
P2	Modelagem Matemática: uma proposta pedagógica para o Ensino Médio Técnico	Paulo Robson Pereira da Cunha	2020	Univates
P3	Compreendendo visões de estudantes sobre Ciências e suas relações com o ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico	Monique Aline Ribeiro dos Santos	2019	UFMG
P4	Elaboração e aplicação de uma ferramenta para análise do diálogo em sala de aula: um estudo em atividades de ensino fundamentado em modelagem nos contextos cotidiano, científico e sociocientífico	Marina Rodrigues Martins	2020	UFMG
P5	A aprendizagem de conteúdos de funções e estatística por meio da Modelagem Matemática: alimentação, questões sobre obesidade e desnutrição	Karla Jaqueline Souza Tatsch	2006	UFN
P6	Aprendizagem com a metodologia da Modelagem Matemática: com a voz os estudantes	Romeu Gonçalves de Moraes	2018	UFPR
P7	O uso da Modelagem Matemática no ensino de funções: uma abordagem dinâmica e variacional	Ronaldo Ramunno	2019	USP
P8	Modelagem Matemática e Leishmaniose: proposta de ensino e de aprendizagem relacionando Biologia e Matemática	Erisnaldo Francisco Reis	2016	Univates
P9	Modelagem Matemática e bicicleta: proposta de ensino e de aprendizagem para alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola no município de Santana – AP	Fábio Andressa dos Santos	2015	Univates
P10	Modelagem Matemática a partir do tema pecuária: uma proposta para o estudo de funções no Ensino Médio	Dayane Cristielle Siqueira	2021	Univates

Fonte: As autoras (2022). Nota: P = Pesquisa.

Na terceira etapa realizamos o tratamento dos resultados obtidos e a interpretação à luz do desenvolvimento da AC, estabelecendo aproximações entre as pesquisas analisadas. Para tal,

estabelecemos três categorias, as quais estão contextualizadas na próxima seção. Destacamos, ainda, que utilizando o indicador AC não encontramos nenhuma pesquisa, conforme assinalado no Quadro 1. A partir, entretanto, da leitura na íntegra das pesquisas selecionadas para análise, este indicador foi evidenciado em duas pesquisas P1 e P4.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados advindos da análise realizada estão apresentados em três categorias, sendo a primeira estabelecida *a priori*: 1) a compreensão de modelo e modelagem. A segunda e terceira categorias são emergentes do processo de análise: 2) Potencialidades de práticas pedagógicas de MCM e o desenvolvimento da AC; e 3) desafios da inserção de práticas de MCM na sala de aula. A síntese do processo de análise está apresentada no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3: Síntese do processo de análise

Categorias	Subcategorias
Compreensão sobre modelo e modelagem	Modelo como representação de alguma coisa
	Modelo como artefato epistêmico
	Modelagem como metodologia de ensino
	Modelagem como método de ensino com pesquisa
	Modelagem como ambiente de aprendizagem
	Modelagem como alternativa pedagógica
Potencialidades de práticas pedagógicas de MCM e o desenvolvimento da AC	Do desenvolvimento de práticas de Modelagem
	Aos alunos envolvidos em práticas de Modelagem
	Aos professores que desenvolvem práticas de Modelagem
Desafios da inserção de práticas de MCM na sala de aula	Demanda de maior tempo
	Tema, problema e obtenção de dados
	Formação de professores
	Escassez de recursos nas escolas
	Cumprimento, linearidade e avaliação dos conteúdos programáticos
	Favorecer uma visão mais ampla sobre Ciências

Fonte: As autoras (2022).

Na sequência apresentamos as discussões dos resultados encontrados.

4.1. O ENTENDIMENTO DE MODELO E MODELAGEM A PARTIR DAS PESQUISAS ANALISADAS

Nesta categoria apresentamos a compreensão sobre Modelos e Modelagem estabelecidos nas pesquisas analisadas. Para tal, utilizamos como unidade de registro as palavras “Modelo” e “Modelagem”. O Quadro 4, a seguir, mostra os sentidos reconhecidos.

Quadro 4: Sentidos atribuídos à palavra modelo e modelagem

Categoria a priori	Subcategorias emergentes	Unidades de contexto	Compreensões autores¹
Modelo	Representação de alguma coisa (P1, P2, P5, P6, P7, P8, P9 e P10)	“[...] O modelo é expresso em linguagem matemática, representa a situação-problema modelada a ser resolvida” (P1, p. 41)	Bassanezi (2010); Burak (1994, 2002); Biembengut (2014, 2016); Almeida, Silva e Vertuan (2012)
	Artefato epistêmico (P3 e P4)	“[...] quando os estudantes são envolvidos em atividades de modelagem, eles constroem o conhecimento científico a partir do processo que envolve o elaborar e utilizar modelos” (P3, p. 30)	Gilbert e Justi (2016)
Modelagem	Metodologia de ensino (P2, P5, P6, P8 e P10)	“[...] a Modelagem Matemática como uma metodologia alternativa para o Ensino de Matemática, que deve ser iniciado a partir do interesse dos envolvidos no processo” (P2, p. 13)	Burak (1992, p. 62)
	Método de ensino com pesquisa (P1)	“Modelagem nas Ciências e Matemática como método de ensino com pesquisa, por considerar que esse método de ensino possibilita a integração de disciplinas e de áreas de conhecimento, e, ainda, pode propiciar aos professores orientarem seus estudantes à iniciação científica, às competências e às habilidades” (P1, p. 31)	Biembengut (2014, 2016)
	Ambiente de aprendizagem (P9)	“Modelagem é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da Matemática, situações com referência na realidade” (P9, p. 29)	Barbosa (2001)
	Alternativa Pedagógica (P7)	“Modelagem Matemática constitui uma alternativa pedagógica na qual fazemos uma abordagem, por meio da Matemática, de uma situação-problema não essencialmente Matemática” (P7, p. 9)	Almeida, Silva e Vertuan (2012)

Fonte: As autoras (2022).

¹Para o reconhecimento das obras consultar as pesquisas mencionadas.

Do exposto no Quadro 3 observamos que a noção de modelo como representação de alguma coisa é empregada por diferentes autores, como Bassanezi (2010), Biembengut (2016), Burak (2004), entre outros. Já o sentido atribuído à palavra modelo como um artefato epistêmico, é exposto por Gilbert e Justi (2016). Ainda, as pesquisas que apresentam a compreensão de modelo como representação de alguma coisa estão vinculadas à área de Educação Matemática (P1, P2, P5, P6, P7, P8, P9 e P10) e, de modo específico, trazem a noção de modelo matemático. Já as pesquisas vinculadas ao Ensino de Ciências (P3 e P4) ampliam a compreensão de modelo como representação parcial de alguma coisa e compreendem o modelo como uma ferramenta do pensamento, utilizada no processo de produção de um conhecimento científico.

No estudo de Silva e Catelli (2019) é apresentada a evolução histórica do conceito de modelo, e, segundo estes autores, o sentido epistemológico desse conceito gira em torno de dois sentidos: *“O modelo como uma representação de algo pré-existente de um lado e de um modelo como representação simplificada, abstrata e idealizada da realidade, de outro lado”* (SILVA; CATELLI, 2019, p. 1). Também, o estudo de revisão de Schultz e Bonotto (2021) evidencia a palavra “modelo” atrelada à noção de representação. Para Biembengut (2016, p. 88), *“o modelo é entendido como meio para representar algo, tomar decisões ou ser utilizado heurísticamente para conhecer melhor sobre a situação-problema”*. As passagens a seguir retratam as compreensões apresentadas.

[...] O modelo é expresso em linguagem matemática, representa a situação-problema modelada a ser resolvida (P1, p. 41).

Modelos Matemáticos constituem formas de representação da realidade. Tabelas, relações funcionais, gráficos, figuras geométricas são alguns exemplos de modelos matemáticos (P7, p. 21).

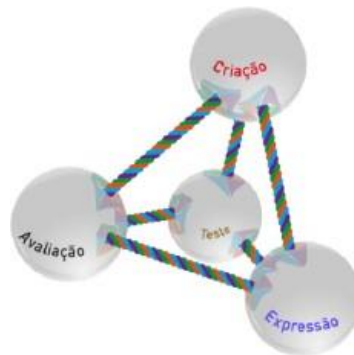
De acordo com Gilbert, Boulter e Elmer (2000), a noção de modelos como representações parciais de entidades (objetos, eventos, processos ou ideias) é frequentemente encontrada na literatura. Gilbert e Justi (2016), entretanto, ampliam essa perspectiva e compreendem modelos como artefatos epistêmicos, e, desse modo, possuem outras finalidades para além de representar entidades. Essa noção tem sido adotada pelo Grupo de Pesquisa Reagir – Modelagem e Educação em Ciências – desde então, e está presente nas pesquisas P3 e P4, conforme destacam as seguintes passagens.

[...] são entendidos como artefatos epistêmicos, o que significa que não são apenas representações parciais de entidades em diferentes níveis, por exemplo, macroscópico, microscópico e submicroscópico, mas sim uma ferramenta de pensamento utilizada no processo de produção de um conhecimento científico (P4, p. 38).

A ideia de modelos como artefatos epistêmicos possui um significado mais amplo do que a de modelos apenas como representações (P3, p. 29).

Quanto à compreensão de Modelagem, percebemos diferentes perspectivas na área de Ensino de Ciências e na Educação Matemática, conforme apresentado no Quadro 4. Na área de Ensino de Ciências reconhecemos o estudo de Gilbert e Justi (2016) sendo assumido como perspectiva teórica. Estes autores utilizam a expressão “Ensino Fundamentado em Modelagem” e defendem que essa perspectiva pode contribuir para o desenvolvimento de uma visão mais ampla e menos ingênua sobre Ciências. Ainda, assinalam que o processo de Modelagem é “[...] um processo cíclico, complexo, criativo, não linear, não predeterminado e, portanto, dinâmico, tanto de elaboração e expressão de modelos como de utilização dos mesmos na construção do conhecimento científico” (P3, p. 30). Além disso, Gilbert e Justi (2016) apresentam algumas etapas para o desenvolvimento do processo de Modelagem, as quais estão representadas na Figura 1 na sequência.

Figura 1: Representação do processo de Modelagem



Fonte: Gilbert e Justi (2016, p. 36).

Os autores destacam que a opção pelo tetraedro se dá em razão de ele ser uma forma geométrica que apresenta os vértices equidistantes, e, desse modo, ela pode ser rodada sem nenhuma alteração nas relações entre os vértices, e pode-se perceber que as etapas não possuem uma ordem específica, enfatizando, dessa maneira, que o processo é cíclico, não linear, complexo e dinâmico (MARTINS, 2020). Assim:

[...] são observados quatro fios de cores distintas entrelaçados entre si formando uma corda. Cada fio representa um dos processos cognitivos envolvidos em todas as etapas da modelagem: criação de representações, realização de experimentos mentais, elaboração de raciocínio analógico e argumentação (P4, p. 40).

Já as pesquisas vinculadas à Educação Matemática apresentam diferentes entendimentos acerca de modelagem, trazendo como referências teóricas pesquisadores nessa linha. Reconhecemos Rodney Carlos Bassanezi, pioneiro da inserção dos pressupostos da Modelagem Matemática na sala de aula, Jonei Cerqueira Barbosa, Maria Salett Biembengut, Dionísio Burak e seu grupo, Lourdes Almeida e colaboradores e Ademir Donizete Caldeira. O estudo de Bonotto (2017) assinala o entendimento de alguns pesquisadores, conforme apresentamos no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5: Diferentes entendimentos de Modelagem Matemática na Educação Matemática

Pesquisadores	Entendimentos acerca da Modelagem Matemática na Educação Matemática
Jonei Cerqueira Barbosa	Ambiente de aprendizagem – Perspectiva sociocrítica
Lourdes Werle de Almeida	Alternativa pedagógica
Ademir Caldeira	Concepção de Educação Matemática
Dionísio Burak	Metodologia de Ensino
Maria Salette Biembengut	Método de ensino com pesquisa

Fonte: Bonotto (2017, p. 32).

Neste estudo optamos por descrever o processo de Modelagem a partir das perspectivas assumidas nas pesquisas. Assim, a perspectiva de Dionísio Burak, *modelagem como uma metodologia de ensino*, é assumida em 50% das pesquisas analisadas (P2, P5, P6, P8 e P10). Para esse autor, a Modelagem Matemática, na perspectiva da Educação Matemática, “constitui-se em um conjunto de procedimentos cujo objetivo é estabelecer um paralelo para tentar explicar, matematicamente, os fenômenos presentes no cotidiano do ser humano, ajudando-o a fazer previsões e a tomar decisões” (BURAK, 1992, p. 62).

[...] a Modelagem Matemática como uma metodologia alternativa para o Ensino de Matemática, que deve ser iniciada a partir do interesse dos envolvidos no processo (P2, p. 13).

Esse autor apresenta cinco etapas para o processo de Modelagem: 1) escolha do tema, a qual parte do interesse dos estudantes e o professor pode auxiliar nas tomadas de decisão; 2) pesquisa exploratória, que consiste no levantamento de informações sobre o tema proposto no

local de interesse dos estudantes; 3) levantamento dos problemas, constituídos a partir dos dados coletados na pesquisa exploratória; 4) resolução do(s) problema(s), em que se utilizam as ferramentas matemáticas conhecidas (ou não) pelo estudante; e 5) análise crítica das soluções, na qual se discute a(s) solução(ões) encontradas (BONOTTO, 2017).

A concepção de Modelagem nas Ciências e Matemática como um *método de ensino com pesquisa* é defendida por Biembengut (2016), e é a perspectiva assumida na pesquisa P1. Para esta autora, a modelagem é a área de pesquisa voltada à criação de um modelo, processo este presente em todas as áreas do conhecimento, quando a autora amplia a concepção de Modelagem Matemática para Modelagem nas Ciências e Matemática, e entende que, ao adaptar o processo de Modelagem para o ensino, se faz Modelagem na Educação-Modelação, concebida como um método de ensino com pesquisa.

Modelagem nas Ciências e Matemática como método de ensino com pesquisa, por considerar que esse método de ensino possibilita a integração de disciplinas e de áreas de conhecimento, e, ainda, pode propiciar aos professores orientarem seus estudantes à iniciação científica, às competências e às habilidades (P1, p. 31).

Biembengut (2016) apresenta que o processo de Modelagem é desenvolvido em três etapas, não necessariamente disjuntas: 1) percepção e apreensão, na qual se dá a escolha do tema e a familiarização com o assunto a ser estudado; 2) compreensão e explicitação, quando acontece a formulação do problema, a elaboração do modelo e sua resolução; e 3) significação e expressão, na qual o modelo é validado e comunicado.

Segundo Biembengut (2016), ao desenvolver as fases da modelagem o professor pode ensinar os conteúdos curriculares (e não curriculares) e, ao mesmo tempo, orientar o aluno à pesquisa. Ao mostrar o caminho da pesquisa o professor possibilita o desenvolvimento de forma autônoma, e o aluno poderá interagir com temas de seu interesse.

A concepção de Almeida, Silva e Vertuan (2012, p. 17), para os quais a *“Modelagem Matemática constitui uma alternativa pedagógica na qual fazemos uma abordagem, por meio da Matemática de uma situação-problema não essencialmente Matemática”*, é a perspectiva assumida na pesquisa P7.

Nesse projeto seguiu a proposta defendida por Almeida e Dias (2004) [...] os autores argumentam que em um primeiro momento o professor deve colocar os alunos em contato com uma situação-problema, expondo os dados e informações necessárias. A investigação do problema [...] é acompanhada pelo professor, principalmente a fase de matematização (P7, p. 22).

O processo de modelagem matemática, na concepção de Almeida, Silva e Vertuan (2012), é conduzido por meio de quatro etapas: Inteiração, Matematização, Resolução e Validação e Interpretação de Resultados. De acordo com esses autores, a inteiração representa um primeiro contato com a situação-problema a ser estudada com a finalidade de conhecer suas características e especificidades, ou seja, é o ato de compreensão da situação inicial em voga, que permite a visualização mental e a confecção do problema (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012).

A matematização envolve a reprodução da base constituída na etapa anterior para uma representação matemática, o que pode exigir apreensão de conceitos e técnicas. A resolução abrange o desenvolvimento ou adaptação do modelo para o problema em evidência, conforme a similaridade dos dados identificados, e a execução do plano e das estratégias estabelecidas pelo pesquisador, aplicando o modelo concebido de forma a localizar respostas para as perguntas e hipóteses formuladas acerca do problema (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012).

Conforme Almeida, Silva e Vertuan (2012), após é realizada a análise de julgamento dos resultados obtidos no processo, confrontando-os com a situação-problema em questão e as hipóteses levantadas, no intuito de conjecturar se foram alcançados os objetivos propostos, isto é, se a solução identificada é suficiente e satisfatória para os requisitos elencados no princípio do projeto. A negativa também é relevante e cuidadosamente ponderada, pois, nesse caso, segundo Almeida, Silva e Vertuan (2012), falseado o processo, torna-se oportuno reavaliar as hipóteses consideradas (se a correlação é correta avaliar a que grau as hipóteses não contemplam o que se questiona), a estrutura matemática empregada e a transcrição dos dados extraídos da resolução, para, então, a partir dessa releitura, retornar para a etapa de matematização. Existe, também, a possibilidade de haver variadas soluções para uma mesma conjuntura observada. Nessa ocasião é válido, ao pesquisador, contrapor fatores, analisando qual alternativa demanda menor volume de esforços, tempo e recursos para que se estabeleça, de modo a consolidar fundamentos que viabilizem a escolha de uma melhor opção (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012).

O entendimento de modelagem de Barbosa (2001) é assumido na pesquisa P9. Para Barbosa (2001, p. 6), “*modelagem é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da Matemática, situações com referência na realidade*”. Assim, “*desenvolvi a intervenção pedagógica utilizando a Modelagem Matemática como metodologia de ensino aliado à perspectiva de Jonei Cerqueira Barbosa, visando à produção de conhecimento*” (P9, p. 106). De acordo com Barbosa (2001), a modelagem pode ser desenvolvida considerando três situações, elencadas a seguir: situação 1: o professor apresenta um problema com seus dados qualitativos e quantitativos, cabendo aos alunos apenas a resolução; situação 2: o professor apresenta um problema, cabendo aos alunos a coleta de dados e a resolução; e situação 3: o professor solicita que os alunos formulem problemas, colem dados e os resolvam. O professor é apenas um orientador.

Para Bonotto (2017), embora (co)existam diferentes entendimentos de Modelagem Matemática na Educação Matemática, as pesquisas convergem em relação à escolha do tema ou problema que inicia o processo, destacando que esse deve partir da realidade do aluno ou de outra área do conhecimento, assim como ser do interesse deles.

4.2. POTENCIALIDADES DE PRÁTICAS DE MODELAGEM NAS CIÊNCIAS E MATEMÁTICA E O DESENVOLVIMENTO DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Nesta categoria contextualizamos as potencialidades de práticas de MCM, emergentes das pesquisas analisadas, como elementos que favorecem o desenvolvimento da AC. A análise de conteúdo depreendida manifesta as contribuições acerca da inserção dos pressupostos da MCM na sala de aula, vinculadas: 1) ao desenvolvimento de práticas de MCM; 2) aos alunos envolvidos em práticas de MCM; e 3) aos professores que desenvolvem práticas de MCM.

Quanto ao *desenvolvimento de práticas de MCM*, reconhecemos que possibilitam a reconstrução e a significação de conhecimentos científicos (8: P1, P2, P3, P5, P7, P8, P9 e P10); a utilização e interpretação de diferentes formas de representação (4: P1, P2, P3 e P7); abordagens interdisciplinares (4: P1, P2, P4 e P7); abordagem de temas do contexto dos alunos (7: P1, P2, P3, P5, P8, P9 e P10); discussões sobre questões sociais, econômicas, políticas e culturais (7: P2, P3, P4, P5, P7, P9 e P10); e o desenvolvimento de uma visão mais ampla sobre Ciências (2: P3 e P4).

Esses elementos identificados são indicadores presentes em ações didáticas que potencializam o desenvolvimento da AC e dialogam com os três eixos estruturantes da AC apresentados por Sasseron e Carvalho (2008): 1) compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; 2) compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; e 3) o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

De acordo com Maldaner (2014, p. 18), faz “*sentido aos estudantes aqueles conhecimentos históricos que são recontextualizados em alguma situação [...] ou passe a sê-lo na interação pedagógica*”. Nessa perspectiva, as pesquisas P1, P2, P3, P5, P7, P8, P9 e P10 assinalam que práticas pedagógicas, pautadas nos fundamentos da Modelagem, favorecem a reconstrução e a significação de conhecimentos científicos, sejam os já estudados pelos alunos ou os que são abordados por meio das práticas desenvolvidas, como mostram as passagens a seguir:

Pode-se inferir que as implicações de uma prática pedagógica à luz da Modelagem Matemática [...] instigaram para a discussão e construção do conhecimento, para o contato com novos conteúdos matemáticos e a resignificação dos já abordados em níveis de ensino anteriores e outras disciplinas específicas (P2, p. 7).

As primeiras situações-problema elaboradas proporcionaram a construção de modelos lineares que não estavam previstos para a pesquisa. As atividades permitiram a retomada dos conceitos de função linear, conteúdo que os alunos já haviam estudado (P5, p. 146).

Ainda, o primeiro eixo estruturante da AC marca a necessidade exigida na sociedade de “*compreender conceitos-chave como forma de poder entender até mesmo pequenas informações e situações do dia a dia*” (SASSERON; CARVALHO, 2008, p. 335). As unidades de contexto apresentadas a seguir dialogam com o exposto.

Por meio das atividades de modelação foi possível identificar como os estudantes compreendem e aplicam os conhecimentos científicos [...] (P8, p. 44).

O nosso tema aborda a economia, então fui procurar no IBGE a economia do nosso Estado, no caso no total todo. Eu estou na página do IBGE e não consigo entender o que é isso por que está em porcentagem, índice de desenvolvimento humano 0,708; eu não faço a mínima ideia do que é isso (P2, p. 69).

Além disso, práticas de MCM possibilitam a utilização e a interpretação de diferentes formas de representação (P1, P2, P3 e P7), permitindo a compreensão da linguagem, dos códigos e símbolos utilizados nas Ciências.

A atividade possibilitou aos estudantes o reconhecimento de símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica, bem como a leitura e interpretação daqueles que aparecem em diferentes linguagens e representações (P1, p. 111).

Utilizar e interpretar diferentes formas de expressão e representação, comunicar ideias com correção e clareza, fazendo uso de terminologias adequadas (etapa de expressão dos diversos modelos elaborados e modificados) (P3, p. 223).

As pesquisas P1, P2, P4 e P7 assinalam que a inserção de práticas de Modelagem na sala de aula possibilita a articulação entre as diferentes áreas do conhecimento, e, portanto, facilita abordagens interdisciplinares e considera a realidade e o contexto dos alunos (P1, P2, P3, P5, P8, P9 e P10). De acordo com Biembengut (2016), por meio da MCM o aluno pode aprender conceitos, tanto da Matemática quanto de outras áreas do conhecimento, de forma interdisciplinar e contextualizada, e, ao mesmo tempo, aprender a pesquisar, pois, ao perpassar pelas etapas do processo de modelagem avança pelas etapas da pesquisa científica. O assinalado pela autora está presente nas pesquisas, conforme mostra a seguinte passagem:

A partir da Modelagem nas Ciências e Matemática foi possível desenvolver os conteúdos e conceitos de forma interdisciplinar e contextualizada, bem como pode-se integrar as disciplinas da área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (P1, p. 123).

De acordo com Lorenzon (2018, p. 452), a Alfabetização Científica é “um processo que permite ao indivíduo a utilização de informações de cunho científico para realizar uma leitura e intervenção crítica do meio em que ele está inserido, resultando na adoção de novas atitudes que visam à melhoria de suas condições de vida”. Nesse sentido, reconhecemos discussões sobre questões sociais, econômicas, políticas e culturais presentes nas pesquisas a partir do desenvolvimento de práticas de Modelagem (P2, P3, P4, P5, P7, P8, P9 e P10), conforme unidades de contexto apresentadas a seguir.

Uma solução para esse desperdício seria a Prefeitura realizar uma parceria com os agricultores em se comprometendo comprar esses produtos e em seguida distribuir para famílias mais carentes. Aqui no município tem bastante família necessitada, não só no interior como dentro da cidade (P2, p. 72).

Que tal processo de ensino favoreceu o despertar da criança – questionadora, curiosa e motivada a buscar soluções para problemas reais do mundo – que existia nos estudantes, contribuindo, em alguma extensão, para eles se tornarem cidadãos mais críticos-reflexivos (P3, p. 230).

O tema bicicleta proporcionou discussões durante as aulas de Matemática a respeito dos deveres e direitos dos ciclistas, além de possibilitar momentos de reflexão sobre a importância desse meio de transporte para a saúde (P9, p. 6).

[...] salienta-se que o tema pecuária proporcionou discussões econômicas, sociais e culturais acerca dos diferentes tipos dessa atividade desenvolvida na comunidade (P10, p. 8).

As passagens apresentadas dialogam também com o terceiro eixo estruturante da AC, o qual trata da identificação do entrelaçamento entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, mostrando a necessidade de se compreender as aplicações dos saberes construídos pelas ciências e considerar as ações que podem ser desencadeadas pela utilização dos mesmos, contribuindo para a formação de cidadãos críticos e reflexivos (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Em relação aos *alunos envolvidos em práticas de MCM*, as pesquisas assinalam que tais práticas favorecem o desenvolvimento: da criticidade e da criatividade, que tornam os alunos mais motivados e interessados (P2, P3, P8, P9 e P10); da habilidade de elaborar, compreender, interpretar, avaliar situações, tomar decisões, validar resultados e generalizar conceitos (P2, P3 e P7); do protagonismo dos alunos (P2, P5, P7 e P9); da capacidade de argumentação (P2, P3 e P4); do trabalho cooperativo (P2, P5, P8 e P9); e de despertar o aluno para a pesquisa (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P8, P9 e P10), conforme revelam as passagens a seguir.

Concluímos que a participação de estudantes em atividades de ensino fundamentado em modelagem tende a favorecer o engajamento dos mesmos em uma argumentação consistente em um processo de construção de conhecimentos (P4, p. 297).

Entre os pontos positivos da realização da intervenção na turma, destaco, também, que os alunos se mostraram motivados para aprender e sociáveis entre si. Demonstraram interatividade, cooperação e espírito de coletividade (P8, p. 140).

As P2, P5, P6, P8, P9 e P10 mostram a importância do trabalho em grupo na Modelagem, quando os alunos são incentivados a debater, ouvir o outro e respeitar suas ideias, favorecendo o trabalho cooperativo.

O trabalho em grupo foi fundamental para o desenvolvimento dos problemas e de seus conteúdos (P2, p. 102).

Para os estudantes, trabalhar em grupo favorece o aprendizado, porque ajudam uns aos outros nas dificuldades (P6, p. 168).

A análise de conteúdo também permitiu evidenciarmos que o desenvolvimento de práticas de MCM possibilitou *ao professor refletir sobre a sua ação pedagógica*, na perspectiva de ser um pesquisador de sua prática, e mudar a sua postura de transmissor de conhecimentos para orientador e mediador na reconstrução desses conhecimentos (P2, P5, P7, P9 e P10).

Nessa metodologia, o professor deve mudar sua postura, orientando e interagindo mais com os alunos, com uma postura mais ativa, questionadora, que muito se aproxima da postura de um pesquisador (P2, p. 157).

Ainda, o segundo eixo estruturante da AC reporta-se à ideia de *“ciência como um corpo de conhecimentos em constantes transformações por meio de processo de aquisição e análise de dados, síntese e decodificação de resultados que originam os saberes”* (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 75). Nesse sentido, o processo de MCM perpassa pelas etapas do desenvolvimento de uma pesquisa científica desde a escolha do tema até a formulação do problema, e, portanto, é inerente a esse processo a busca de informações, o levantamento de hipóteses, a procura por padrões ou regularidades, a elaboração de modelos e a comunicação dos resultados, permitindo, também, o desenvolvimento da capacidade argumentativa. Esses elementos estão presentes em práticas de MCM, conforme assinalam as passagens a seguir.

[...] fazendo com que os estudantes, além de obterem os conhecimentos científicos, percorram o caminho da ciência para produzi-lo, de modo a torná-los mais aptos a buscar e sistematizar o conhecimento (P1, p. 7).

A partir de problemas do dia a dia do aluno foi possível vincular o conhecimento matemático a outros conhecimentos, o que levou o aluno a desenvolver as habilidades de compreender, interpretar, analisar, argumentar e avaliar situações (P2, p. 166).

Diante do exposto, vislumbramos que práticas pedagógicas de MCM possuem elementos que favorecem o desenvolvimento da AC, pois, constituindo-se como uma prática investigativa, além de possibilitar processos de ensino e de aprendizagem que priorizam o protagonismo dos alunos, também permite discussões de cunho social, econômico, ambiental e cultural, desenvolvendo, desse modo, a criatividade e a capacidade crítica, reflexiva e argumentativa, predispondo a intervenção e a renovação do meio em que vive.

4.3. DESAFIOS PARA A INSERÇÃO DE PRÁTICAS DE MCM NA SALA DE AULA

Esta categoria contextualiza os desafios que devem ser transpostos para a inserção da MCM à luz do desenvolvimento da AC na sala de aula. A análise de conteúdo depreendida permitiu o reconhecimento, com maior frequência, referente à demanda de maior tempo para planejamento e desenvolvimento de práticas de MCM (P1, P2, P5, P6 e P9); tempo este que, muitas vezes, o professor não dispõe devido às suas condições de trabalho.

[...] as baixas condições de trabalho dos professores, que trabalham com uma carga horária semanal superior a 40 horas em sala de aula e o pouco tempo para reflexões e planejamentos dos trabalhos a serem executados (P5, p. 123).

[...] posso salientar que a questão do tempo demandado para trabalhar os conteúdos foi pouco, [...] (P2, p. 158).

Esse desafio também é assinalado por Silveira e Caldeira (2012) e Marmitt e Bonotto (2020) em estudos de revisão, sendo apresentado por Silveira e Caldeira (2012) como a relação dos professores com o trabalho, mostrando a maior exigência do docente na preparação e no momento da aula.

Desafios inerentes ao processo de MCM igualmente são apresentados como dificuldade para a escolha do tema, elaboração do problema e obtenção de dados acerca do tema, que também são aspectos evidenciados referentes à natureza de atividades mais investigativas.

No início, os alunos apresentaram dificuldades na elaboração de seus problemas. Foi o momento em que precisei intervir, colocando a eles diversos exemplos do nosso cotidiano (P2, p. 157).

Aspectos relacionados à formação de professores, como o pouco tempo de sua formação e experiência, e o fato de alguns deles lecionarem disciplinas sem a devida formação, da mesma forma provocam dificuldades para a inserção da MCM na sala de aula.

Ressalto que, talvez, alguns itens mais especificamente relacionados à Matemática pudessem ter sido mais explorados com os alunos durante a prática pedagógica, mas, por limitação relacionada à minha formação acadêmica, isso não ocorreu. Destaco, ainda, que esta foi a minha primeira experiência utilizando a metodologia da Modelagem Matemática (P8, p. 140).

Dificuldades associadas à escassez de recursos didáticos, entre eles o acesso à tecnologia, também são apresentadas como desafio a ser superado, conforme expõem a passagem a seguir.

Em relação aos pontos negativos, foram citados os problemas estruturais da escola, em particular a falta de internet. Aqui cabe uma reflexão sobre a necessidade de melhores laboratórios de informática com internet, o que possibilitaria aos alunos realizarem pesquisas durante as aulas (P9, p. 105).

Questões relacionadas à linearidade e cumprimento dos conteúdos programáticos, assinaladas por Silveira e Caldeira (2012), Biembengut (2009) e Marmitt e Bonotto (2020), e o desenvolvimento da avaliação para atender à estrutura curricular, também são aspectos mencionados nas pesquisas.

Através dessas experiências de ensino foi possível vivenciar a angústia provocada pela preocupação com o risco de não atingir todos os conteúdos programados para aquele período letivo. Essa angústia não foi apenas da professora, mas pôde ser vista, inclusive, na reação dos alunos (P5, p. 149).

Reconhecemos que a MCM permite abordagens interdisciplinares como uma potencialidade do seu processo. Esse aspecto, entretanto, também se mostrou como um desafio para o seu desenvolvimento, conforme a passagem apresentada a seguir.

O desafio da pesquisa foi o de trabalhar os conteúdos relacionados à saúde, de forma integrada, de modo a possibilitar a interação entre as disciplinas a partir de um tema guia (P1, p. 15).

Diante do exposto, as três categorias apresentadas, discutidas e ancoradas nos dados empíricos representados pelas unidades contextualizadas, revelam que práticas de MCM se constituem em cenários que promovem o desenvolvimento da AC. Evidenciamos, entretanto, desafios que devem ser transpostos e, para tal, assinalamos a necessidade de estudos e discussões referentes à MCM e à AC nos cursos de formação de professores.

5. CONCLUSÃO

O estudo de revisão realizado permitiu maior compreensão acerca do processo de MCM, além do reconhecimento de diferentes perspectivas teóricas na área de Ensino de Ciências e na Educação Matemática.

As categorias depreendidas da análise de conteúdo desenvolvida possibilitaram clarificar elementos teóricos e práticos associados à MCM, como a compreensão de modelo e as diferentes etapas apresentadas por diversos autores referentes ao processo de modelagem. As potencialidades evidenciadas nas pesquisas colaboraram para clarificar como as práticas de MCM

favorecem o desenvolvimento da AC. Reconhecemos elementos em tais práticas marcados na apresentação dos três eixos estruturantes da Alfabetização Científica destacados neste texto.

Sobre os desafios da inserção da MCM na sala de aula, pautamos como implicação teórica a formação do professor na perspectiva da Investigação-Formação-Ação (IFA) de Alarcão (2011) e Güllich (2013), a qual toma a reflexão como categoria formativa e possibilita ao docente tornar-se um pesquisador de sua própria prática e compreender-se como produtor de conhecimentos a partir das experiências que desenvolve em sala de aula, que se torna objeto de pesquisa dele e possibilita o seu reconhecimento como um profissional em constante autoformação.

Esta pesquisa terá continuidade no cenário da sala de aula da primeira autora deste texto, considerando os elementos da espiral autorreflexiva da IFA e o processo de MCM na perspectiva de compreender, a partir das etapas do processo de MCM, como se evidenciam os indicadores da AC nas interações discursivas da sala de aula e nas produções dos alunos.

REFERÊNCIAS

- ALARCÃO, Isabel. **Professores reflexivos em uma escola reflexiva**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 2010.
- ALMEIDA, Lourdes Werle de; SILVA, Karina Pessoa; VERTUAN, Rodolfo Eduardo. **Modelagem Matemática na Educação Básica**. São Paulo: Contexto, 2012.
- BARBOSA, Jonei Cerqueira. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24., 2001, Caxambu/RJ. **Anais** [...]. Caxambu, RJ: Anped, 2001. Disponível em: http://www6.ufrgs.br/espmat/disciplinas/funcoes_modelagem/modulo_/modelagem_barbosa.pdf. Acesso em: 14 jun. 2022.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2006.
- BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática**. São Paulo: Contexto, 2010.
- BIEMBENGUT, Maria Salett. 30 anos de Modelagem Matemática na educação brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais. **Alexandria – Revista de Educação em Ciências e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 7-32, 2009.
- BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem na Educação Matemática e na Ciência**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.
- BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem no Ensino Fundamental**. Blumenau: Edifurb, 2014.
- BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sara Knopp. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Lisboa: Porto Editora, 1994.
- BONOTTO, Danusa de Lara. **(Re)configurações do agir modelagem na Formação Continuada de Professores de Matemática da Educação Básica**. 2017. 310 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- BURAK, Dionísio. A Modelagem Matemática e a sala de aula. In: ENCONTRO PARANAENSE DE MODELAGEM EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 1., 2004, Londrina. **Anais** [...]. Londrina, 2004.
- BURAK, Dionísio. **Modelagem Matemática: ações e interações no processo de ensino e aprendizagem**. 1992. 460 f. Tese (Doutorado em Psicologia Educacional) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn J.; ELMER, Roger. Positioning models in Science Education and in Design and Technology Education. *In*: GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn J. (ed.). **Developing models in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, 2000.

GILBERT, John K.; JUSTI, Rosária. **Modelling-based Teaching in Science Education**. Basel, Switzerland: Springer International Publishing, 2016.

GÜLLICH, Roque Ismael da Costa. **Investigação-formação-ação em Ciências: um caminho para reconstruir a relação entre livro didático, o professor e o ensino**. Curitiba: Prismas, 2013.

LORENZON, Mateus. **A espiral investigativa como uma estratégia de desenvolvimento da alfabetização científica nos anos iniciais do Ensino Fundamental**. 2018. 232 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2018.

MAIA, Poliana Flávia; JUSTI, Rosária. A influência dos conhecimentos e crenças dos professores na elaboração de atividades de ensino baseadas em Modelagem. *In*: X CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 2017, Sevilla. **Anais [...]**. Sevilla: Dialnet, 2017.

MALDANER, Otavio Aloisio. Formação de professores para um contexto de referência conhecido. *In*: NERY, Belmayr Knopki; MALDANER, Otavio Aloisio (org.). **Formação de professores: compreensões em novos programas e ações**. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2014.

MARMITT, Rosi Kelly Regina; BONOTTO, Danusa de Lara. Modelagem Matemática na Educação Matemática e Formação Continuada de Professores: caminhos para o desenvolvimento profissional. **Educação Matemática Debate**, v. 4, p. 1-24, 2020.

MARTINS, Marina Rodrigues. **Elaboração e aplicação de uma ferramenta para análise do diálogo em sala de aula: um estudo em atividades de ensino fundamentado em modelagem nos contextos cotidiano, científico e sociocientífico**. 2020. 341 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, p. 333-352, 2008.

SCHULTZ, Adriane Kis; BONOTTO, Danusa de Lara. Scientific modeling and science literacy in early childhood: a review study. **Actio: Docência em Ciências**, v. 6, n. 1, p. 1-19, 2021.

SILVA, Fernando Siqueira da; CATELLI, Francisco. Os modelos nas Ciências: traços da evolução histórico-epistemológica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, 2019.

SILVEIRA, Everaldo; CALDEIRA, Ademir Donizeti. Modelagem na sala de aula: resistências e obstáculos. **Bolema**, v. 26, n. 43, p. 249-275, 2012.