



União da Vitória - Paraná

IX EPMEM

Encontro Paranaense de Modelagem na
Educação Matemática

Informações sobre os Autores:

Paulo Henrique Hideki Araki

Universidade Estadual de Maringá (UEM)
phh.araki@gmail.com

Lilian Akemi Kato

Universidade Estadual de Maringá (UEM)
lakato@uem.br

Aproximações entre Modelagem Matemática e Experimentação Didática Reveladas a partir de uma Revisão Sistemática de Pesquisas Nacionais

Resumo

O presente artigo visa identificar, a partir de uma revisão sistemática com meta-síntese realizada em bases de buscas nacionais, possíveis aproximações entre Modelagem Matemática e experimentação didática. Norteados pela questão “O que revelam as pesquisas desenvolvidas nos anos finais do Ensino Fundamental que abarcam Modelagem Matemática e experimentação didática?”, encontramos 10 pesquisas que atendem nossa interrogação. Esta pesquisa possui natureza qualitativa e para o tratamento e análise dos dados recorreremos à Análise Textual Discursiva. Deste modo, emergem duas categorias do movimento analítico: os objetos de conhecimentos das Ciências da Natureza são mobilizados e/ou requeridos em atividades de modelagem matemática com experimentação e; os objetos de conhecimentos da Matemática se mostram presentes no desenvolvimento de experimentações didáticas em contexto de Modelagem Matemática. Com base nessas categorias, evidenciam-se diferenças quanto às finalidades de cada objeto de conhecimento que repercutem na atividade de modelagem matemática.

Palavras-chave: Anos finais do Ensino Fundamental. Educação Matemática. Educação Científica.

Abstract

The present paper aims to identify, from a systematic review with meta-syntheses carried out in national search bases, possible approximations between Mathematical Modeling and didactic experimentation. Guided by the question “What is revealed from researches developed in the final years of elementary school that encompass Mathematical Modeling and didactic experimentation?” we came across 10 researches that answer our question. This research has a qualitative nature and, for data treating and analysis, we resort to Discursive Textual Analysis. Thus, two categories emerge from the analytical movement: the objects of knowledge of Natural Sciences are mobilized and/or required in mathematical modeling tasks with experimentation and; the objects of knowledge of Mathematics are present in the development of didactic experimentation in the context of Mathematical Modeling. Based on these categories, differences in the purposes of each object of knowledge are evident, affecting the mathematical modeling task.

Keywords: Final years of elementary school. Mathematics Education. Science Education.

Realização:



UNESPAR
Universidade Estadual do Paraná



SBEMPR
SOCIEDADE BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA
REGIONAL - PARANÁ



Introdução

A complementaridade entre teoria e prática, no âmbito do ensino e da aprendizagem, se constitui enquanto um tópico de crescente discussão na área da Educação. Conforme discutido por D'Ambrósio (1996, p. 79), “toda teorização se dá em condições ideais e somente na prática serão notados e colocados em evidência certos pressupostos que não podem ser identificados apenas teoricamente”. Nesse sentido, podemos observar a ascensão de diversas propostas que associam um enfoque teórico juntamente a seus concomitantes práticos.

De forma específica, essa relação dialógica reverbera-se no cerne da Educação Científica, sobretudo ao considerarmos os pressupostos teóricos que versam acerca da experimentação¹. Gaspar (2009) argumenta que a experimentação didática, ou seja, aquela desenvolvida em contexto de sala de aula, para além de favorecer o estabelecimento de uma conciliação entre teoria e prática, promove uma aproximação entre os alunos e o conhecimento científico.

Ao considerarmos a possibilidade de investigação de fenômenos diversos à luz da experimentação didática, parece-nos natural o estabelecimento de uma aproximação com os pressupostos da Modelagem Matemática. Com efeito, ao voltarmos os nossos olhares para a literatura da área de Educação Matemática, podemos observar uma convergência de pesquisadores em torno da promoção da experimentação didática em contexto de atividades de modelagem matemática no âmbito do ensino superior (BRAGA; SANTO, 2013; ALMEIDA; SILVA; BORSSOI, 2021). Tais pesquisas parecem indicar o potencial da inclusão da experimentação didática enquanto subsídio para a aprendizagem do aluno, tomando como base os conhecimentos específicos dos cursos de graduação nos quais as atividades foram desenvolvidas.

Dada a possibilidade de articulação entre diferentes áreas do conhecimento, a incursão da Modelagem² em um contexto investigativo pode se configurar enquanto uma ponte entre conhecimentos matemáticos e extramatemáticos. Logo, ao ponderarmos que atividades de modelagem matemática não se restringem ao universo da Matemática, podemos nos respaldar, por exemplo, em pressupostos teóricos da Educação Científica, configurando-se enquanto uma possibilidade válida de discussão e que transita entre ambas as áreas do conhecimento.

¹ Entendemos por experimentação não apenas o conjunto de ações instrumentais voltado para a observação e compreensão de um fenômeno, mas como sendo um veículo para o desenvolvimento de competências das Ciências da Natureza, com vistas à legitimação do conhecimento científico (GIORDAN, 1999).

² Para fins textuais, utilizamos o termo Modelagem com o mesmo sentido que Modelagem Matemática no âmbito da Educação Matemática.



Deste modo, considerando uma aproximação entre Educação Matemática e Educação Científica promovida por experimentações didáticas em contexto de Modelagem, incumbimo-nos em analisar o seu potencial no âmbito da Educação Básica, ao passo que, com o presente artigo, visamos apresentar algumas reflexões acerca da questão: O que revelam as pesquisas nacionais desenvolvidas com alunos dos anos finais do Ensino Fundamental que abarcam Modelagem Matemática e experimentação didática?

A escolha por trabalhos que remontam aos anos finais do Ensino Fundamental apoia-se no fato de que, durante essa etapa da Educação Básica, os alunos vislumbram o primeiro contato com conceitos advindos das Ciências da Natureza e que servem de base para estudos futuros nas disciplinas de Biologia, Química e Física, no decorrer do Ensino Médio.

Estruturamos o artigo em quatro seções, para além dessa introdução: inicialmente, apresentamos e discutimos alguns pressupostos teóricos da Modelagem e da experimentação didática, os quais serão remetidos ao longo de todo o texto; na sequência, elencamos os aspectos metodológicos utilizados no desenvolvimento de uma revisão sistemática da literatura; na terceira seção apontamos os resultados e as análises conduzidas à luz da fundamentação teórica e da nossa escolha metodológica; finalizamos apresentando algumas considerações acerca do movimento analítico conduzido.

Sobre Modelagem Matemática e experimentação didática: algumas concepções

Várias são as acepções encontradas na literatura nacional acerca dos aspectos que caracterizam a Modelagem. Em uma investigação conduzida por Klüber e Burak (2008), os autores enfatizam que, perante uma perspectiva epistemológica, tais variações podem ocorrer em termos “do conceito de ciência que cada concepção de modelagem possui” (p. 18). Logo, a aderência a uma concepção não deve estar relacionada com um movimento de qualificação, mas sim de levar em conta a sua adequação quanto ao contexto no qual a Modelagem irá fazer-se presente.

Nesse sentido, dentre as concepções apresentadas e discutidas pelos autores, elegemos, de modo a corroborar o entendimento abarcado ao longo do texto, as contribuições de Biembengut (2016) e a caracterização de Modelagem enquanto “um método para solucionar alguma situação-problema ou para compreender um fenômeno utilizando-se de alguma teoria matemática” (p. 68). Ainda, a autora afirma que, em termos da proposição de uma atividade de modelagem matemática em contexto de sala de aula:



Não se trata de ciência ou matemática, mas sim em dispor os dados de um fenômeno ou da questão investigada em sintonia com alguma estrutura (matemática) que possibilite representá-los e, principalmente, possibilitar uma descrição, uma resposta ou solução plausível, uma previsão (BIEMBENGUT, 2016, p. 99).

Com base em um processo de simplificação e estruturação dos dados, uma atividade de modelagem matemática intenciona a representação de um dado fenômeno, com vistas à obtenção de um modelo matemático que seja capaz de atender às especificidades da situação-problema (BIEMBENGUT, 2016). Nesse sentido, a Modelagem “constitui-se em um sentido amplo num método científico utilizado pela matemática para a resolução de problemas, principalmente daqueles apresentados por outras áreas do conhecimento” (JACOBINI, 2004, p. 57), dentre as quais podemos citar a área das Ciências da Natureza.

No âmbito da Educação Científica, a problematização de situações e fenômenos diversos também se mostra presente enquanto uma possibilidade de introdução a novos conhecimentos. Tal metodologia demonstra ser um contraponto direto ao ensino expositivo, ao passo que “proporciona condições para que o aluno possa raciocinar e construir seu conhecimento” (CARVALHO, 2020, p. 2). Corroborando esse entendimento, autores como Hodson (1988), Araújo e Abib (2003), Gaspar (2009) e Carvalho (2020) defendem a realização de experimentações didáticas enquanto uma metodologia que, para além de despertar a curiosidade dos alunos, promove um ambiente de reflexão.

As experimentações didáticas devem possibilitar a visualização e demonstração de fenômenos à luz de um princípio teórico, ao passo que os dados vão sendo coletados, as hipóteses testadas e as habilidades de observação são desenvolvidas (HODSON, 1988). É válido ressaltar que, perante um contexto escolar, a experimentação deve servir enquanto uma iniciação dos alunos ao método científico e, dadas as suas peculiaridades e às limitações impostas pelo próprio contexto, naturalmente acaba se distanciando da rigidez imposta pela experimentação científica, própria dos cientistas (OLIVEIRA; CASSAB; SELLES, 2012).

Em linhas gerais, a experimentação científica apresenta maior relevância e complexidade dentro da Ciência, ao passo que não se constitui apenas enquanto uma forma de confirmar hipóteses de trabalho, mas também de retificar possíveis erros contidos nelas, servindo de subsídio para a investigação (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002). Nesse sentido, a experimentação científica requer, para além de um ambiente propício, uma rigorosa preparação teórica e técnica por parte de quem a pratica.



Quanto à experimentação didática, desenvolvida em contexto escolar, Selles (2008) afirma que, apesar de preservar algumas marcas próprias da cultura científica, as ações acabam sendo ressignificadas, atendendo a características que dizem respeito às necessidades formativas dos alunos. Desta forma,

[...] o método didático de experimentação se diferencia das práticas laboratoriais próprias da produção dos conhecimentos científicos não apenas porque lhe falta suporte material específico, mas porque as forças seletivas ao operarem no interior de uma cultura distinta, acabam por reconfigurar o objeto a ser estudado. Isso requer reconhecer que as especificidades da experimentação exigem, por exemplo, ressignificação das noções de erro, controle e resultados (SELLES, 2008, p. 611).

Laburú, Barros e Silva (2011) afirmam que “o conhecimento das ciências, assim como da matemática, não se compõe apenas de conceitos altamente abstratos”, ao passo que a aprendizagem de conceitos deriva de uma grande diversidade simbólica. Desta forma, ao considerarmos uma experimentação didática com vistas à investigação de fenômenos,

[...] temos de prestar atenção nas outras linguagens, uma vez que somente as linguagens verbais – oral e escrita – não são suficientes para comunicar o conhecimento científico. Temos de integrar, de maneira coerente, todas as linguagens, introduzindo os alunos nos diferentes modos de construção que cada disciplina utiliza, além da linguagem verbal, para a construção de seu conhecimento (CARVALHO, 2020, p. 7-8).

Com base no exposto, apresentamos na seção seguinte os aspectos metodológicos que alicerçaram uma revisão sistemática de pesquisas nacionais, com o intuito de evidenciar as possíveis relações estabelecidas entre Modelagem e experimentação didática.

Aspectos Metodológicos

Neste artigo, buscamos analisar as produções nacionais desenvolvidas no âmbito da Educação Matemática, apresentando algumas reflexões acerca da questão: O que revelam as pesquisas desenvolvidas com alunos dos anos finais do Ensino Fundamental que abarcam Modelagem Matemática e experimentação didática?

Para tanto, de um ponto de vista metodológico, lançamos mão de uma revisão sistemática com meta-síntese³. De acordo com Siddaway, Wood e Hedges (2019), esse tipo de revisão visa estabelecer relações entre estudos qualitativos desenvolvidos acerca de um tópico em comum, a

³ Corroboramos com Bicudo (2014, p. 9), ao definir a meta-síntese como sendo uma “interpretação das interpretações das pesquisas elencadas como constitutivas dessa análise”.



fim de identificar os temas centrais, os conceitos e as teorias que subsidiam explicações acerca de um determinado fenômeno.

Deste modo, elencamos no Quadro 1 uma síntese das ações desenvolvidas no decorrer desta pesquisa, em consonância com as seis etapas propostas por Siddaway, Wood e Hedges (2019) para uma revisão sistemática com meta-síntese: delimitação, planejamento, identificação, triagem, elegibilidade e análise qualitativa.

Quadro 1 – Ações desenvolvidas no decorrer da revisão sistemática

Etapas da revisão sistemática	Descrição das ações desenvolvidas
Delimitação	Buscamos realizar uma revisão sistemática de meta-síntese, ancorados na questão de pesquisa: O que revelam as pesquisas desenvolvidas nos anos finais do Ensino Fundamental e abarcam Modelagem Matemática e experimentação didática? Para tanto, recorremos a um levantamento de dissertações e teses desenvolvidas em programas de pós-graduação de instituições nacionais de ensino superior. Neste levantamento, buscamos identificar as pesquisas que apresentam propostas de experimentações didáticas desenvolvidas em contexto de atividades de modelagem matemática com alunos dos anos finais do Ensino Fundamental.
Planejamento	Embasados na questão proposta, elegemos “Modelagem Matemática” e “Ensino Fundamental” como sendo os termos de pesquisa. Quanto aos critérios preliminares de pertinência, optamos em considerar apenas as pesquisas que apresentassem e discutissem atividades que foram ativamente desenvolvidas no âmbito da disciplina de Matemática com alunos dos anos finais do Ensino Fundamental. Logo, excluímos os estudos que não atendessem a esse critério, a constar: pesquisas com alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental; pesquisas voltadas para a formação inicial/continuada de professores.
Identificação	De modo a localizar essas pesquisas, recorremos à Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), na qual fizemos uso dos termos de pesquisa definidos durante a etapa de Planejamento, juntamente do operador booleano AND. Deste modo, identificamos 115 trabalhos, publicados em um período entre 2006 e 2021.
Triagem	Para a triagem dos 115 trabalhos, fizemos a leitura dos resumos e dos aspectos metodológicos apresentados pelos autores, buscando localizar os critérios de pertinência estabelecidos durante a etapa de Planejamento. Assim, selecionamos 10 pesquisas, sendo nove dissertações e uma tese.
Elegibilidade	Com base nas pesquisas selecionadas durante a etapa de Triagem, realizamos a leitura do texto completo, buscando evidenciar a sua elegibilidade para a revisão sistemática. Tais leituras revelaram que, de fato, todos os artigos selecionados atendiam aos critérios de pertinência estabelecidos. Ainda, no decorrer da leitura integral dos textos, informações potencialmente relevantes foram sendo destacadas, com vistas a subsidiar a etapa seguinte.
Análise qualitativa	De modo a analisar as informações potencialmente relevantes, destacadas no decorrer da etapa de Elegibilidade, recorremos a uma metodologia de análise qualitativa de dados.

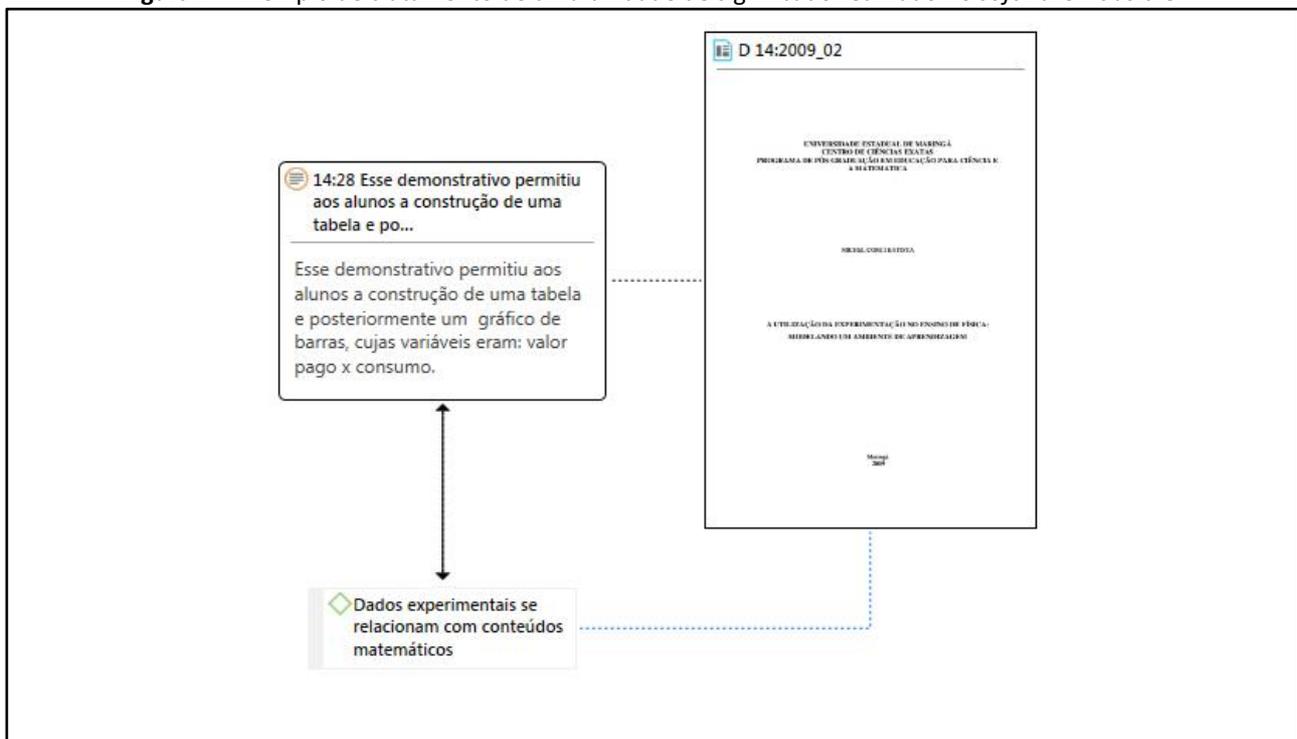
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Para a análise qualitativa de dados, recorremos à Análise Textual Discursiva (ATD), uma metodologia que se apoia “de um lado na interpretação do significado atribuído pelo autor e de outro nas condições de produção de um determinado texto” (MORAES; GALIAZZI, 2006, p. 118). Segundo esses autores, a ATD encontra-se fundamentada em três momentos distintos: 1) a

desmontagem dos textos, culminando em unidades de significado acerca do fenômeno a ser investigado; 2) o estabelecimento de relações, tomando como base um processo de categorização das unidades de significado e uma argumentação em torno das categorias emergentes; e 3) a captação do novo emergente, a partir da construção de um metatexto que abrange as principais ideias que se manifestam a partir do processo analítico.

No que diz respeito às nossas análises, recorreremos ao *software* Atlas.ti 8, para a unitarização e categorização dos textos, tomando como base a questão de pesquisa estabelecida previamente. Trazemos, na Figura 1, uma exemplificação do tratamento das unidades de significado, resultantes a partir da leitura dos textos, com o auxílio desse *software*.

Figura 1 – Exemplo de tratamento de uma unidade de significado realizado no *software* Atlas.ti 8



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Na próxima seção, detalhamos o *corpus* da pesquisa bem como as inferências conduzidas a partir das categorias que emergiram do movimento analítico acima descrito.

Resultados e análise

De um total de 115 pesquisas que emergiram a partir da busca na BDTD, a etapa de Triagem da revisão sistemática revelou que 10 destas pesquisas estavam em consonância com os critérios de pertinência estabelecidos previamente (Quadro 2).



Quadro 2 – Caracterização do corpus da pesquisa

Autor	Título	Modalidade	IES	Ano
FADIN, C.	Modelagem Matemática e pensamento algébrico no 6º ano do Ensino Fundamental	Dissertação	UTFPR-LD	2021
ARAKI, P. H. H.	Atividades experimentais investigativas em contexto de aulas com Modelagem Matemática: uma análise semiótica	Dissertação	UTFPR-LD	2020
GIRALDI, O. C. P.	Um estudo sobre a criatividade em um ambiente de aprendizagem de Modelagem Matemática	Dissertação	UFRGS	2020
TEIXEIRA, J. C. P.	Introduzindo conceitos de Física no Ensino Fundamental 2 através da Modelagem Matemática	Dissertação	USP	2019
MARTIN, R. W. S.	Modelagem Matemática e autonomia: um olhar para atividades no Ensino Fundamental	Dissertação	UNIOESTE	2019
BRITO, D. S.	Aprender geometria em práticas de Modelagem Matemática: uma compreensão fenomenológica	Tese	UEL	2018
BARCELOS, S. R.	Software Modellus e Modelagem Matemática: relacionando conceitos matemáticos com fenômenos da Física	Dissertação	UFFS	2017
COSTA, D.	Educação Ambiental com Modelagem Matemática no Ensino Fundamental	Dissertação	UTFPR-PB	2017
ZEQUIM, K. C.	A resolução de problemas, a Modelagem Matemática e o desenvolvimento de habilidades matemáticas em alunos do 7º ano do Ensino Fundamental	Dissertação	UFSCar	2014
BATISTA, M. C.	A utilização da experimentação no ensino de física: modelando um ambiente de aprendizagem	Dissertação	UEM	2009

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Com base na desmontagem dos textos e no estabelecimento de relações entre as unidades de significado, evidenciamos a ocorrência de duas categorias as quais serão apresentadas e discutidas a seguir.

Categoria 1 – Objetos de conhecimentos das Ciências da Natureza são mobilizados e/ou requeridos em atividades de modelagem matemática com experimentação didática

A primeira categoria decorrente do movimento analítico desta pesquisa se refere à forma como os objetos de conhecimento⁴ das Ciências da Natureza podem se mostrar presentes ao

⁴ Os objetos de conhecimento dizem respeito aos conteúdos disciplinares indicados para serem trabalhados ao longo de cada etapa de escolaridade (BRASIL, 2017).



longo de uma atividade de modelagem matemática com experimentação didática. Por se tratarem de fenômenos concernentes ao corpo de conhecimento próprio da área de Ciências da Natureza, a abordagem desses objetos pode acabar emergindo, em maior ou menor extensão. De um ponto de vista epistemológico, tal visão vai de encontro à concepção empirista, na qual o conhecimento científico parte de dados observáveis que visam “reduzir a experimentação a uma manipulação de variáveis” (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002, p. 256).

O estabelecimento de relações entre as unidades de significado que emergiram a partir da desmontagem dos textos parece indicar a presença de duas situações distintas: a mobilização de objetos de conhecimento das Ciências da Natureza estudados anteriormente e a necessidade de mobilização de novos objetos de conhecimento das Ciências da Natureza. Ambas as situações demandam ações específicas a serem desenvolvidas pelos alunos e pelo professor, implicando em uma mudança na configuração das etapas da atividade de modelagem matemática.

As pesquisas de Araki (2020) e Giraldi (2020) apresentam e discutem atividades de modelagem matemática cuja problemática se relaciona com objetos de conhecimento das Ciências da Natureza contemplados anteriormente pelos alunos, ao passo que as atividades visavam “dar continuidade ao tema” (GIRALDI, 2020, p. 61). Assim, dada uma familiaridade existente entre os alunos e a problemática das atividades, os conhecimentos prévios acabaram subsidiando as escolhas feitas no decorrer do desenvolvimento dos experimentos didáticos e da resolução da situação-problema via Modelagem.

Por sua vez, ao propor uma atividade que demandava de aspectos referentes aos processos, práticas e procedimentos empregados na investigação científica, Araki (2020) afirma que, o fato de os alunos estarem estudando isso na disciplina de Química “favoreceu para que os mesmos empregassem os conhecimentos construídos ao longo daquela disciplina” (p. 71) e, por conseguinte, recorreram à criticidade ao identificar “formas de aprimorar o experimento” (p. 84).

Em contrapartida, as pesquisas de Barcelos (2017), Brito (2018), Teixeira (2019), Araki (2020) e Fadin (2021) explicitam que os objetos de conhecimento das Ciências da Natureza que originaram as experimentações didáticas eram avançados para a série na qual as atividades foram desenvolvidas. De modo a contornar essa barreira epistemológica, uma possibilidade levantada pelos autores vem a ser o trabalho no âmbito da concepção prévia dos alunos. Brito (2018), ao propor uma discussão que remete à relação entre peso e massa com alunos do 7º ano do Ensino Fundamental, afirma que “a noção de peso que os estudantes empregam é intuitiva” (p. 107).



Outra possibilidade identificada nos trabalhos refere-se a destinar os momentos iniciais que antecedem a experimentação didática para a breve apresentação dos objetos de conhecimento das Ciências da Natureza a serem mobilizados no decorrer da atividade. Isso ocorreu na pesquisa de Fadin (2021), ao abordar o conceito de peso com uma turma de 6º ano; na pesquisa de Araki (2020), ao propor um estudo calorimétrico para alunos do 9º ano; e na pesquisa de Teixeira (2019), que mobilizou conceitos de cinemática com alunos do 6º ano.

Contudo, como enfatizado por Teixeira (2019), apesar de o professor-pesquisador introduzir o objeto de conhecimento das Ciências da Natureza no início da atividade, pode haver “dificuldades em associar o que fora praticado na sala com o novo cenário” (p. 77). Até certa extensão, podemos atribuir tais dificuldades à complexidade do problema proposto.

De fato, ao recorrermos a fenômenos advindos da realidade, torna-se preciso considerar todo um “tecido de relações” (BACHELARD, 2000, p. 10) que constitui o fenômeno, em um sistema complexo de pensamentos e experiências. Em outras palavras, a simplificação de ideias deriva de outras ideias, mais completas e complexas. O fato de os alunos não ter tido contato prévio com os objetos de conhecimento mobilizados nas atividades traz a tona uma fragilidade na contextura de seu tecido de relações, revelando lacunas que não podem ser cobertas apenas por conceitos espontâneos, ou seja, pelos conceitos intuitivos e cotidianos trazidos pelos alunos (CARVALHO, 2020).

Corroborando essa ideia, Hodson (1988) afirma que, apesar de os experimentos se constituírem enquanto meios poderosos para a observação de conhecimentos, eles por si próprios demonstram não serem suficientes para subsidiar novos conhecimentos teóricos. Pesquisadores como Araújo e Abib (2003) e Carvalho (2020) defendem que a conversão de conhecimentos espontâneos para conhecimentos científicos deve ocorrer em um contexto de ensino investigativo e que, para além da experimentação, aborda a sistematização e avaliação do conhecimento.

Categoria 2 – Objetos de conhecimentos da Matemática se mostram presentes no desenvolvimento de experimentações didáticas em contexto de Modelagem

A segunda categoria evidenciada a partir da desmontagem dos textos e do estabelecimento de relações diz respeito à associação entre objetos de conhecimento da Matemática e a experimentação didática. Dado o contexto em que as pesquisas foram desenvolvidas – análise de experimentação didática em contexto de atividades de modelagem



matemática –, foi possível observar que todos os trabalhos discutem, em certa extensão, tal correlação.

Uma das associações sinalizadas nas pesquisas vem a ser a possibilidade de estabelecimento de relações numéricas entre as grandezas trazidas à tona a partir da experimentação didática: na pesquisa de Giral di (2020) os alunos recorreram ao conceito de proporcionalidade para evidenciar a vazão de uma torneira; Teixeira (2019) discute acerca do modo como o conceito de fração foi mobilizado por alunos do 6º ano em um experimento didático envolvendo a velocidade média; os conhecimentos dos alunos acerca do conjunto de números racionais se fez presente no trabalho de Costa (2017), ao propor um experimento didático acerca da reciclagem, dentre outras ocorrências.

Nesse sentido, a experimentação didática em contexto de atividade de modelagem matemática pode atuar enquanto uma ponte de ligação entre os objetos de conhecimento da Matemática e das Ciências da Natureza. Segundo Carvalho (2020, p. 7), isso se mostra mais evidente ao considerar que “as Ciências necessitam de figuras, tabelas, gráficos e até mesmo da linguagem matemática para expressar suas construções”.

Para que essa ponte de ligação seja estabelecida, um dos aspectos fundamentais a serem considerados pelos professores e/ou pesquisadores vem a ser a escolha de uma temática adequada para a série na qual a atividade será desenvolvida, de modo que “possa ser interpretada pelos alunos a partir de seus diferentes níveis de habilidade matemática” (FADIN, 2021, p. 120).

De certo modo, podemos assumir que o contexto de uma proposta de trabalho com Modelagem também é científico, uma vez que as ações não são pautadas no âmbito do senso comum. Para Biembengut (2016, p. 101), a Modelagem parte “de um conjunto de ideias para resolver uma situação-problema que ao final do processo vai requerer verificações rigorosas e conclusões explícitas de forma adequada para se faça uso”, ao passo que acaba perfazendo o caminho de uma pesquisa científica.

Desta forma, como salientado por Zequim (2014), os alunos recorrem à Matemática escolar enquanto uma ferramenta que auxilia na compreensão dos fenômenos que são evidenciados na sociedade que os cerca. Segundo Almeida, Silva e Borssoi (2021, p. 144), atividades de modelagem matemática transitam entre “o domínio de inquérito, a realidade, uma base teórica e o sistema matemático”, ao passo que a incursão da experimentação didática em



contexto de atividades de modelagem matemática acabaria possibilitando a promoção dessa articulação entre domínios.

Considerações finais

Com base em uma revisão sistemática com meta-síntese, objetivamos apresentar reflexões acerca da questão: O que revelam as pesquisas desenvolvidas com alunos dos anos finais do Ensino Fundamental que abarcam Modelagem Matemática e experimentação didática? Logo, evidenciamos que, dentre 115 pesquisas que versam sobre Modelagem no âmbito do Ensino Fundamental, 10 atenderam aos critérios de elegibilidade estabelecidos para os fins do presente trabalho. Em comum, as pesquisas selecionadas apresentaram atividades de modelagem matemática desenvolvida com alunos dos anos finais do Ensino Fundamental e que, até certa extensão, envolveram a condução de experimentações didáticas.

A partir da análise desses trabalhos, observamos que a forma como os objetos de conhecimento das Ciências da Natureza e da Matemática foram mobilizados no decorrer das atividades relatadas se diferenciou.

No que tange os objetos de conhecimento das Ciências da Natureza, as pesquisas apontam para a possibilidade de trabalho com conceitos científicos inéditos – e que requerem uma apresentação prévia feita pelo professor – ou que tenham sido previamente contemplados pelos alunos. Outro aspecto relevante vem a ser o fato de que tais objetos de conhecimento foram mobilizados, em maior frequência, no decorrer das experimentações e enquanto um subsídio para a análise do modelo matemático, sendo preterido pelo tratamento matemático nos demais momentos da atividade.

É válido destacar que, dos 10 trabalhos que constituíram o *corpus* de nossa pesquisa, apenas um (BATISTA, 2009) foi conduzido no âmbito da disciplina de Ciências, sendo os demais desenvolvidos na disciplina de Matemática, o que pode ter influenciado na forma como os objetos de conhecimento oriundo das Ciências da Natureza foram mobilizados.

Quanto à mobilização dos objetos de conhecimento da Matemática, em todos os trabalhos analisados os alunos se remeteram a conceitos matemáticos conhecidos por eles, indicando o potencial desse tipo de atividade em um cenário de investigação da aprendizagem. Ainda, a incursão de experimentações didáticas em contexto de atividades de modelagem matemática possibilitou que os alunos pudessem recorrer aos objetos de conhecimento advindos da



Matemática para a explicação de fenômenos, o que pode contribuir diretamente para a formalização de conhecimentos extramatemáticos.

Por fim, salientamos outras interpretações podem ser feitas a partir do mesmo *corpus* da pesquisa e, dado o limite de páginas, optamos em nos aprofundar em um aspecto. De forma a darmos continuidade em nossas investigações, enquanto possibilidades de discussões futuras, planejamos expandir a delimitação da pesquisa, bem como investigar o modo como diferentes tipos de dados – dados coletados empiricamente *versus* dados “prontos”⁵ – influenciam no desenvolvimento da atividade de modelagem matemática com experimentação didática.

Referências

ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. A. P.; BORSSOI, A. H. Um estudo sobre o potencial da experimentação em atividades de modelagem matemática no ensino superior. **Quadrante**, Lisboa, v. 30, n. 2, p. 123-146, dez. 2021.

ARAKI, P. H. H. **Atividades experimentais investigativas em contexto de aulas com modelagem matemática**: uma análise semiótica. 2020. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2020.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.

BACHELARD, G. **A epistemologia**. Lisboa: Edições 70, 2000.

BARCELOS, S. R. **Software “Modellus” e modelagem matemática: relacionando conceitos matemáticos com fenômenos da física**. 2017. 121 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

BATISTA, M. C. **A utilização da experimentação no ensino de física**: modelando um ambiente de aprendizagem. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

BICUDO, M. A. V. Meta-análise: seu significado para a pesquisa qualitativa. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, Florianópolis, v. 9, p. 7-20, jun. 2014.

⁵ Dados coletados a partir de fontes diversas e que, nem sempre, apresentam uma explicação acerca da forma como se deu a sua coleta e organização (DINIZ; BORBA, 2012).



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

BRAGA, R. M.; SANTO, A. O. E. Modelagem matemática e experimentação em cálculo. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 11., 2013, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBEM-PR, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC/SEB, 2017.

BRITO, D. S. **Aprender geometria em práticas de modelagem matemática: uma compreensão fenomenológica**. 2018. 266 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2020. p. 1-20

COSTA, D. **Educação ambiental com modelagem matemática no ensino fundamental**. 2017. 210 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

D'AMBRÓSIO, U. **Educação Matemática: Da teoria à prática**. Campinas: Papyrus, 1996.

DINIZ, L. N.; BORBA, M. C. Leitura e interpretação de dados prontos em um ambiente de modelagem e tecnologias digitais: o mosaico em movimento. **Bolema**, Rio Claro, v. 26, n. 43, p. 935-962, ago. 2012.

FADIN, C. **Modelagem matemática e pensamento algébrico no 6º ano do ensino fundamental**. 2021. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o ensino fundamental**. São Paulo: Ática, 2009.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 10, p. 43-49, nov. 1999.

GIRALDI, O. C. P. **Um estudo sobre a criatividade em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática**. 2020. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Instituto de Matemática e Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

HODSON, D. Experiments in Science and Science teaching. **Educational Philosophy and Theory**, Sydney, Austrália, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988.



JACOBINI, O. R. **A modelagem matemática como instrumento de ação política na sala de aula.** 2004. 225 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

KLÜBER, T. E.; BURAK, D. Concepções de modelagem matemática: contribuições teóricas. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 17-34, 2008.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações, aprendizagem significativa e subjetividade: três referenciais conciliáveis da educação científica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 2, p. 469-487, abr.-jun. 2011.

MARTIN, R. W. S. **Modelagem matemática e autonomia: um olhar para atividades no ensino fundamental.** 2019. 121 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Educação Matemática) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 12, n. 1, p. 117-128, mai.-ago. 2006.

OLIVEIRA, A. A. Q.; CASSAB, M.; SELLES, S. E. Pesquisas brasileiras sobre experimentação no ensino de Ciências e Biologia: diálogos com referenciais do conhecimento escolar. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 183-209, mai.-ago. 2012.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 8, n. 2, p. 253-262, jul.-dez. 2002.

SELLES, S. E. Lugares e culturas na disciplina escolar Biologia: examinando as práticas experimentais nos processos de ensinar e aprender. In: TRAVERSINI, C.; EGGERT, E.; PERES, E.; BONIN, I. (Orgs.). **Trajetórias e processos de ensinar e aprender: práticas e didáticas.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008. p. 592-617.

SIDDAWAY, A. P.; WOOD, A. M.; HEDGES, L. V. How to do a systematic review: a best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. **Annual Review of Psychology**, San Mateo, EUA, v. 70, n. 1, p. 747-770, 2019.

TEIXEIRA, J. C. P. **Introduzindo conceitos de física no ensino fundamental 2 através da modelagem matemática.** 2019. 100 f. Dissertação (Mestrado em Matemática) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

ZEQUIM, K. C. **A resolução de problemas, a modelagem matemática e o desenvolvimento de habilidades matemática em alunos do 7º ano do ensino fundamental.** 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) – Departamento de Matemática, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2014.