

Um mapeamento das pesquisas sobre Tecnologias Digitais e Modelagem Matemática no Cálculo Diferencial e Integral do Ensino Superior

*Arlindo José de Souza Junior*¹

*Giselle Moraes Resende Pereira*²

*Érika Maria Chioca Lopes*³

RESUMO

Neste artigo apresentamos um mapeamento de dissertações e teses brasileiras, produzidas nos últimos anos, que abordam práticas educativas para o ensino de Cálculo Diferencial e Integral, no Ensino Superior, através de duas tendências bastante atuais: as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação e a Modelagem Matemática na Educação. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, cuja coleta de dados foi realizada no banco de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. A partir de características semelhantes emergentes dos vinte trabalhos encontrados, entre dissertações e teses, agrupamos aqueles que apresentam uma proposta educativa e os que analisam a implementação de uma proposta educativa. Esses agrupamentos nos revelaram a multiplicidade de atuação da Modelagem Matemática, como e quais tecnologias digitais estão sendo utilizadas nessas propostas educativas, e, além disso, mostrou-nos como está ocorrendo a interseção entre as práticas educativas que se utilizam dessas tendências no processo de aprendizagem e ensino de Cálculo.

¹ Doutor em Educação pela Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, Brasil. Docente da Faculdade de Matemática da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). E-mail: arlindo@ufu.br

² Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia/MG. Docente da Faculdade de Matemática-UFU. E-mail: gisellemoraes@ufu.br

³ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia/MG. Docente da Faculdade de Matemática-UFU. E-mail: erikalopes@ufu.br

PALAVRAS-CHAVE: Cálculo Diferencial e Integral. Modelagem Matemática. Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação. Ensino Superior.

A mapping of research on Digital Technologies and Mathematical Modeling in the Differential and Integral Calculus of Higher Education

ABSTRACT

In this article, we present a mapping of Brazilian dissertations and theses produced in the last years that approach educational practices for the teaching of Differential and Integral Calculus in Higher Education, by means of Digital Information and Communication Technologies and Mathematical Modeling in Education. This study is of bibliographical nature and its data collection was done in the Database of Dissertations and Theses of the Brazilian Coordination of Improvement of Higher Level Personnel. From the emergent similar characteristics from the twenty researches found among dissertations and theses, we grouped those which presented an educational proposal and those that analyzed the implementation of an educational proposal. These groupings revealed the multiplicity of the acting of Mathematical Modeling, how and which digital technologies are being utilized in these educational proposals, and, furthermore, it showed how the intersection between educational practices that use these tendencies in the teaching and learning process of Calculus is happening.

KEYWORDS: Differential and Integral Calculus. Mathematical Modeling. Digital Information and Communication Technologies. Higher Education.

* * *

Introdução

Ao longo da nossa trajetória de pesquisa sobre o processo de aprendizagem e ensino de Cálculo Diferencial e Integral no Ensino Superior,

observamos duas tendências bastante atuais: as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) e a Modelagem Matemática na Educação.

A Modelagem Matemática na Educação é uma tendência que se manifestou, de forma mais efetiva, nos finais dos anos de 1970 (BIEMBENGUT, 2016), e tem ganhado força entre os estudiosos, pesquisadores e professores.

Sobre as TDIC no ensino e aprendizagem do Cálculo⁴, Souza Junior (1993) relata em sua pesquisa o fato de não ter encontrado trabalhos com professores de Matemática utilizando tecnologias em suas práticas no Ensino Superior. Entretanto, tal cenário vem se modificando e práticas com a utilização das TDIC são ferramentas presentes cada vez mais no cotidiano de professores e alunos, dentro e fora da universidade.

Observamos que o número de pesquisas sobre essas tendências no trabalho educativo com Cálculo aumentou consideravelmente nas duas últimas décadas. Pagani e Allevalo (2014) apresentam um mapeamento de algumas dissertações e teses brasileiras que abordam o ensino de Cálculo no período de 1999 a 2013. Uma análise das autoras refere-se à categoria que reuniu trabalhos cujo objetivo encontra-se em implementar e analisar, no ensino de Cálculo, metodologias e/ou estratégias de ensino - a Resolução de Problemas, a Modelagem Matemática, as práticas com utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação - investigando suas contribuições para a aprendizagem desses assuntos, nos níveis Médio e Superior.

Em nossas pesquisas atuais, nos interessa compreender como está ocorrendo a interseção entre as práticas educativas que se utilizam das duas tendências citadas na início dessa seção, na disciplina de Cálculo no Ensino Superior. Ao considerarmos a Modelagem Matemática e o uso de Tecnologias Digitais como agentes que possibilitam uma conexão interdisciplinar dos saberes, nossa busca estende-se também sobre as áreas do conhecimento que essas pesquisas abarcaram.

4 A partir desse momento usaremos a palavra Cálculo para nos referirmos ao Cálculo Diferencial e Integral.

A partir do levantamento dos trabalhos acadêmicos (teses e dissertações) realizados no Brasil nos últimos anos, apresentamos neste artigo um mapeamento dos trabalhos que trazem uma proposta educativa ou que analisam a implementação de uma proposta educativa, no contexto da nossa pesquisa, até o ano de 2016.

Trata-se de uma pesquisa do tipo Estado do Conhecimento, cuja coleta de dados foi realizada no banco de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), em programas relacionados à Educação Matemática ou Ensino de Matemática. A pesquisa do tipo Estado do Conhecimento é uma pesquisa de caráter bibliográfico que, segundo Romanowski e Ens (2006, p. 40), aborda apenas um setor das publicações sobre o tema estudado, como em resumos de dissertações e teses.

Inicialmente, ao pesquisar sobre o tema Cálculo Diferencial e Integral no banco de teses e dissertações da CAPES, nos programas de pós-graduação em Educação, Educação Matemática, Ensino de Matemática e Matemática em Rede Nacional, coletamos 139 trabalhos (entre dissertações e teses) e, após uma leitura preliminar e seletiva dos resumos, excluímos alguns, mantendo, a princípio, os que mais se aproximavam do nosso objeto de investigação – o ensino de Cálculo no Ensino Superior (limites, derivadas e integrais) através da Modelagem Matemática e das TDIC.

Entretanto, como a quantidade de trabalhos encontrada foi pequena, consideramos relevante incluir e analisar os trabalhos que discutissem o ensino e a aprendizagem de Funções no Ensino Superior, visto que a maioria dos cursos de Cálculo inicia-se com a abordagem desse conteúdo. Por fim, realizamos o fichamento de 20 trabalhos, sendo 11 dissertações e 9 teses, que foram produzidas no período de 2002 a 2016, estabelecendo, a partir daí, os grupos de análise.

Estruturamos a sequência deste artigo em três seções. Na primeira seção, exibiremos uma descrição geral dos trabalhos por nós selecionados no que diz respeito à produção por curso (mestrado acadêmico, mestrado

profissional, doutorado), às áreas do conhecimento, aos conteúdos abordados e às tecnologias utilizadas para, em seguida, na segunda seção, mostrarmos e debatermos como as TDIC estão sendo empregadas nos trabalhos de Modelagem. Terminaremos com as considerações finais, entrecruzando os estudos sobre o ensino de Cálculo, a Modelagem Matemática na Educação e o uso das Tecnologias na aula universitária, e as referências.

Os achados: visão geral das dissertações e teses analisadas

O objetivo principal deste artigo é apresentar uma revisão da literatura sobre a utilização da Modelagem Matemática e das Tecnologias Digitais em processos de ensino e aprendizagem de Cálculo, visando discutir, relacionar e contrapor as variadas formas com que os pesquisadores têm tratado essa questão na área de Educação Matemática.

No que diz respeito à produção acadêmica por tipo de curso de pós-graduação em que os trabalhos foram produzidos, 50% correspondem a produções oriundas de programas de Mestrados Acadêmicos, 45% são teses e 5% são dissertações apresentadas em Mestrados Profissionais. A pequena quantidade de produções na modalidade profissionalizante, que se enquadra no perfil deste artigo, pode ser justificada por ter sido concebida, originalmente, para atender à Educação Básica.

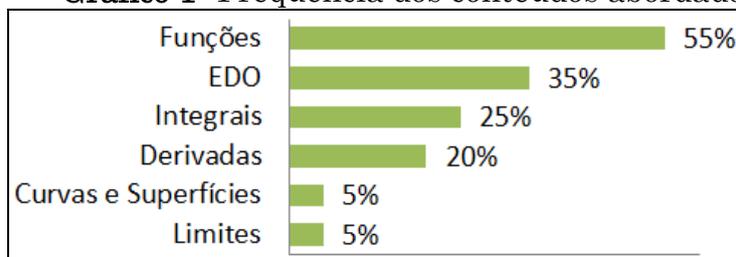
A maioria dos trabalhos selecionados para leitura, aproximadamente 75% do total, correspondem a trabalhos em que os participantes da pesquisa eram da área de Ciências Exatas, abrangendo os cursos de Engenharias, Ciências da Computação, Licenciatura em Matemática, Licenciatura em Física e Sistemas de Informação. Na área de Ciências Humanas contabilizamos, aproximadamente, 10% das produções, sendo que os participantes das pesquisas cursavam Licenciatura em Geografia ou Gestão Pública. Na área das Ciências Agrárias, aproximadamente 5% da produção referem-se a alunos do curso de Tecnologia de Alimentos. O curso de Ciências Biológicas também apareceu na nossa seleção, com

aproximadamente 5% e, por fim, o curso de Administração de Empresas da área de Ciências Sociais Aplicadas, também com aproximadamente 5%.

É interessante ressaltar que, dependendo da instituição e/ou curso do Ensino Superior, a disciplina de Cálculo também recebe outras denominações, como Matemática I e II ou Matemática A e B, etc., sobretudo em cursos de áreas não afins.

Consideramos significativo apresentar o Gráfico 1, a seguir, que apresenta os dados encontrados com relação à frequência dos conteúdos abordados nos trabalhos (dissertação ou tese) analisados:

Gráfico 1- Frequência dos conteúdos abordados.



Fonte: Construção dos autores.

Observamos que muitos trabalhos, que utilizam a Modelagem Matemática na Educação em suas práticas educativas, principalmente em cursos de formação de professores, não explicitam qual conteúdo do Cálculo as atividades apresentadas objetivaram focar. Após analisarmos as atividades, a partir da leitura do corpo das dissertações e teses, constatamos que a maioria, 11 trabalhos, envolve o estudo de Funções seguido das Equações Diferenciais Ordinárias (EDO), citado em 7 trabalhos. Vale ressaltar que, em alguns trabalhos, dois ou mais conteúdos apresentados no Gráfico 1 foram abordados nas atividades.

O ensino de Cálculo no Ensino Superior geralmente inicia-se com o estudo de Funções, o que justifica a quantidade significativa de trabalhos encontrados com esse assunto, com aproximadamente 55% do total, principalmente em atividades ofertadas em curso de formação de professores. Isso porque o conhecimento de Função incomoda muito os

alunos desde as primeiras noções trabalhadas no Ensino Fundamental e perdura até a exploração do seu conceito e aprofundamento no Ensino Superior. As dificuldades na aprendizagem de Função são abordadas em alguns estudos (GOLDENBERG, 1988; GOMES FERREIRA, 1997; LEINHARDT et al., 1990; NASCIMENTO, 2007).

Em relação às Tecnologias Digitais utilizadas nas atividades, observamos a unanimidade do uso de *softwares*, matemáticos ou não, para o desenvolvimento das atividades propostas e/ou analisadas. Quais *softwares* foram utilizados e como foram empregados nas atividades, abordaremos mais adiante neste artigo.

Nos trabalhos selecionados, a *internet* foi utilizada como principal fonte de pesquisa (*sites*, *Google Streetview*⁵, *Google Earth*⁶, etc.). Também possibilitou a comunicação virtual entre os interessados (via *email*, *WhatsApp* e redes sociais), e serviu para o armazenamento e compartilhamento de informações (via *Dropbox* e/ou *Google Drive*).

Além disso, em cursos de Educação a Distância, a *internet* viabilizou momentos de discussões em fóruns, entre alunos, professores e tutores, e também possibilitou a condução de webconferências e videoconferências. Dentre as contribuições dessa abordagem, encontramos o auxílio aos alunos para o desenvolvimento das atividades de Modelagem, servindo de suporte para que pudessem formular o problema, resolver e analisar os modelos matemáticos elaborados por eles.

Na nossa busca, encontramos 4 (quatro) trabalhos (dissertações e teses) que mencionaram o uso de um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). Sendo que 3 (três) utilizaram a plataforma *Moodle*⁷ e 1 (um) mencionou a utilização de um *blog*. A utilização do ambiente *Moodle* variou de acordo com a condução das atividades. Esse ambiente foi utilizado desde a oferta de

⁵ *Google Streetview* é um recurso que disponibiliza vistas panorâmicas de 360° na horizontal e 290° na vertical e permite que os usuários vejam partes de algumas regiões do mundo ao nível do solo.

⁶ *Google Earth* é um programa de computador cuja função é apresentar uma representação tridimensional do globo terrestre.

⁷ O Sistema *Moodle*, é uma ferramenta educacional de um sistema colaborativo para apoio a processos de ensino e aprendizagem.

uma disciplina/curso na modalidade não presencial, dando todo o suporte para o desenvolvimento das atividades, inclusive com videoaulas, como também para depósito de materiais de apoio aos alunos para as atividades e no auxílio ao trabalho cooperativo entre os estudantes e o professor, através de uma sala virtual desenvolvida no *Moodle*. O *blog*, por sua vez, foi utilizado apenas para promover discussões.

Vale destacar que, dos trabalhos encontrados, 1 (um) menciona a apresentação de um vídeo em sala de aula para mostrar uma determinada situação-problema como forma de introduzir a atividade que foi desenvolvida, e ainda, 1 (um) menciona a utilização da calculadora gráfica para uma experimentação.

Alguns equipamentos digitais auxiliares também apareceram nos trabalhos, como computadores e/ou *notebooks* e/ou *netbooks*, bem como o uso de celulares e câmeras digitais. Além disso, outra tecnologia digital que também se destacou, no que diz respeito à frequência de sua utilização, foi o uso do equipamento de multimídia *data show*, geralmente para apresentação dos projetos desenvolvidos pelos alunos.

Após obtermos uma visão geral dos trabalhos encontrados, buscamos por características semelhantes e que se destacavam a partir dos dados coletados. Foi possível criar agrupamentos, para uma melhor compreensão.

Constituição dos grupos

Através de leituras exploratórias e seletivas, buscamos identificar os trabalhos que mais se aproximavam dos nossos interesses, ou seja, aqueles que discutiam a utilização da Modelagem Matemática e das TDIC em processos de ensino e aprendizagem de Cálculo no Ensino Superior. Logo após, procuramos refletir e entender seus objetivos a fim de agrupá-los, de tal forma que pudéssemos fazer uma representação mais precisa deles.

Nessa busca, um dos fatos que nos chamou a atenção, mas não causou espanto, remete ao uso de tecnologias digitais em todos os trabalhos.

Chamou-nos a atenção, pois a Modelagem não necessita estar sempre associada às TDIC, conforme encontramos em Malheiros (2004). Não nos surpreendeu por se tratar de pesquisas recentes e, no contexto em que elas estão inseridas, o uso e a presença de tecnologias estão naturalizados, particularmente entre os jovens estudantes e professores universitários.

No cenário atual, a presença de celulares com acesso à *internet*, *notebooks* e *data show* nas salas de aulas universitárias tornou-se algo corriqueiro. Existe uma facilidade de comunicação notória entre os alunos e entre alunos e professor, seja pelo celular ou pelo computador. Outro ponto a considerar refere-se à facilidade oportunizada por essas tecnologias para os estudos através da pesquisa - sejam por videoaulas, *sites*, *e-books*, grupos nas redes sociais, fóruns virtuais, produções acadêmicas, etc.

A leitura dos resumos e, por vezes a leitura de alguns capítulos e considerações finais dos trabalhos, nos permitiu identificar 2 (dois) grupos de pesquisas – as que apresentam uma proposta educativa e as que analisam a implementação de uma proposta educativa. Além disso, possibilitou a averiguação de como as TDIC estão sendo utilizadas nos trabalhos com Modelagem Matemática na Educação.

Em relação aos grupos de pesquisas, a maioria dos trabalhos, aproximadamente 95%, têm como finalidade a análise da implementação de propostas educativas e, apenas 1 (um) trabalho corresponde à apresentação de uma proposta educativa, sem apresentar a discussão sobre a realização e os resultados das atividades com os alunos.

Sobre o menor grupo de trabalhos selecionados – que apresenta uma proposta educativa – encontramos em Paranhos (2015) uma pesquisa de doutorado, cujo foco está no trabalho do professor em elaborar as atividades de Modelagem Matemática em ambiente computacional. O autor utiliza o termo Modelagem, pois segundo ele, sua proposta se aproxima de tal concepção, que é “o processo de ensino e aprendizagem, que utiliza modelos matemáticos pré-determinados e que podem ser aplicados na reprodução de contextos da realidade” (PARANHOS, 2015, p. 12). O ambiente

computacional escolhido foi o *Winplot*⁸, por favorecer a dinâmica pretendida na pesquisa de articulação de conteúdos e variação de possibilidades.

O trabalho é composto por propostas de atividades visando o ensino de conteúdos do Ensino Superior (inclusive o Cálculo), através da Modelagem e do ambiente computacional, para alunos dos cursos da área de Ciências Exatas. Como a análise do trabalho destina-se à concepção das atividades, o autor optou por não discutir a realização e os resultados das atividades.

A tese encontrada pode ser enxergada como uma proposta educativa que possibilita o trabalho com a Modelagem em sala de aula, onde as tecnologias digitais entram como meio fundamental para o seu desenvolvimento, pois as atividades são propostas em ambiente computacional.

O segundo grupo é constituído por trabalhos que analisam a implementação de uma proposta educativa. Isto é, reunimos os trabalhos que apresentam alguma experiência de ensino realizada com alunos e/ou professores, que usam e investigam a Modelagem Matemática, no ensino de conteúdos de Cálculo, com a utilização de TDIC, analisando suas contribuições para a aprendizagem desses assuntos no Ensino Superior.

Algumas características semelhantes nos levaram a agrupar esses trabalhos em tipos, descritos e apresentados na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1 - Distribuição dos trabalhos no grupo.

Grupo	Tipo/ Descrição	Nº de trabalhos
Trabalhos que analisam a implementação de uma proposta educativa.	1- Trabalhos que investigam atividades que ensinam sobre modelagem e/ou a modelar com TDIC.	06
	2- Trabalhos que ensinam através da modelagem com TDIC.	13
Total		19

Fonte: Construção dos autores.

⁸ O *Winplot* é um programa para gerar gráficos de 2D e 3D a partir de funções ou equações.

Esse grupo está subdividido em 02 (dois) tipos. O primeiro, Tipo 1, com aproximadamente 30% dos trabalhos, remete a pesquisas que investigam atividades que ensinam sobre a Modelagem e/ou a Modelar, geralmente relacionadas à disciplina de Modelagem Matemática ou a cursos de extensão oferecidos em cursos de Licenciaturas. O segundo, Tipo 2, com aproximadamente 65% dos trabalhos, reúne os trabalhos que visam o ensino de determinado conteúdo, no nosso caso, do Cálculo, através da Modelagem.

Segundo Domingos (2016, p. 41), existem indicativos de que na maioria das Licenciaturas apenas o ensino sobre a Modelagem é abordado aos futuros profissionais, promovendo uma ênfase nos aspectos teóricos da Modelagem Matemática e não desenvolvendo as habilidades de modelador. Dessa forma, essa lacuna contribui fortemente para a resistência desses professores no uso da Modelagem Matemática no futuro.

Apesar dessa consideração, decidimos aglomerar o ensino sobre a Modelagem e a Modelar em um mesmo tipo, Tipo 1, pois essas abordagens não possuem delimitações específicas e, por isso, algumas pesquisas sobre Modelagem Matemática contemplam as abordagens - ensinar sobre a Modelagem e ensinar a Modelar (e até mesmo o ensinar através da Modelagem), mesmo sem fazer referência. No Tipo 1 reunimos os trabalhos de BATISTA, 2016; DOMINGOS, 2016; FURTADO, 2014; MENEZES, 2016; VIDIGAL, 2013; ZANIM, 2015.

Quando se trata de uma disciplina ou curso de Modelagem Matemática, ou disciplina ou curso no contexto da Modelagem Matemática, geralmente o objetivo geral é ensinar sobre a Modelagem e a Modelar. Nesse caso, as atividades usam as ferramentas do Cálculo, mas não têm como objetivo principal o ensino dos conteúdos do Cálculo.

Apesar de não predominar o ensino de Cálculo, optamos por apresentá-los neste artigo, pois a maioria é constituída de trabalhos que enfatizam o uso das TDIC em cursos de formação de professores em atividades que viabilizaram ou têm o potencial de oportunizar a aprendizagem de tópicos de

Cálculo, seja no ambiente da sala de aula ou na modalidade a distância em que foi realizada a disciplina e/ou curso de Modelagem Matemática.

As pesquisas reunidas no Tipo 1 são todas qualitativas e a maioria, realizada em cursos de Licenciaturas na área de exatas. Dessas, Batista (2016), Furtado (2014), Menezes (2016) e Zanim (2015), apresentam suas investigações na disciplina/curso de Modelagem Matemática; e com ênfase no saber Modelar, Domingos (2016) traz suas contribuições a respeito de um curso de extensão sobre EDO no contexto da Modelagem Matemática.

Quando se trata de cursos de formação de professores, para garantir o envolvimento desses profissionais com a Modelagem, Almeida e Dias (2007) defendem a necessidade de oportunizar situações para que eles aprendam sobre a Modelagem Matemática e por meio da Modelagem Matemática, para assim ensinar empregando a Modelagem Matemática (próximo tipo, Tipo 2). Nesse sentido, na formação inicial não basta apenas entender o que é Modelagem. Além de orientar o futuro profissional a respeito da teoria da Modelagem Matemática, ele precisa desenvolver suas habilidades de saber Modelar, para depois poder ensinar no contexto da Modelagem.

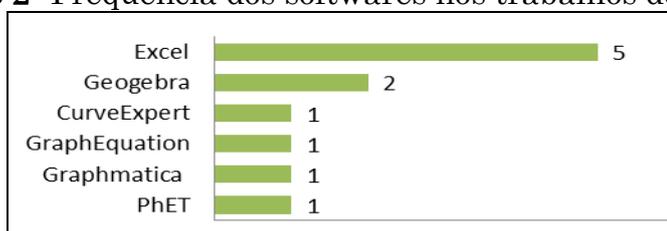
Em Vidigal (2013) encontramos um trabalho que foi investigado fora da área de exatas, mas também em um curso de Licenciatura. A pesquisa fundamentou-se no tripé Modelagem, criticidade e criatividade e apresentou atividades envolvendo a Modelagem na disciplina de Matemática do curso de Licenciatura em Geografia. Buscou verificar como a realização de atividades envolvendo Modelagem poderia estimular o desenvolvimento da criticidade e criatividade nos alunos. Quanto à utilização de Tecnologias Digitais, evidenciamos apenas o uso da *internet*, *Google Earth* e *Google Streetview*, cuja utilização foi mencionada como fonte de pesquisa e para a construção de mapas do campus onde os alunos estudam.

Em algumas das dissertações e teses listadas no Tipo 1, existem aquelas cuja ênfase é dada às atividades de Modelagem mediadas pelo uso de tecnologias (BATISTA, 2016; FURTADO, 2014; MENEZES, 2016). Esses trabalhos envolvem, principalmente, a investigação das contribuições, da

utilização, e das implicações do uso das TDIC no desenvolvimento das atividades. Em outros, apesar de não priorizá-las nas discussões, não deixaram de citá-las.

A utilização de um ou mais *softwares*, matemáticos ou não, foi mencionada para o desenvolvimento das atividades na maioria dos trabalhos (dissertações e teses). O Gráfico 2, a seguir, apresenta os *softwares* citados nos trabalhos que se enquadram no Tipo 1:

Gráfico 2- Frequência dos softwares nos trabalhos do Tipo 1.



Fonte: Construção dos autores.

Dos trabalhos listados no Tipo 1, 5 (cinco) deles, (BATISTA, 2016; DOMINGOS, 2016; FURTADO, 2014; MENEZES, 2016; ZANIM, 2015) mencionam o emprego ou direcionamento do pacote de *software Excel*⁹ como ferramenta de trabalho dos alunos para o desenvolvimento das atividades no contexto da Modelagem Matemática. Dentre as atribuições, a maioria dos alunos o utilizou para a elaboração de modelos, esboços de gráficos e também para auxiliá-los na análise dos resultados que encontraram.

Em algumas atividades analisadas por Menezes (2016), a utilização do *Excel* serviu “para que os alunos visualizassem e interagissem a partir da plotagem dos gráficos” (MENEZES, 2016, p.81). Para o autor, esse *software* foi fundamental para a realização das etapas Experimentação, Abstração, Resolução e Validação do processo de Modelagem Matemática, descritas por Bassanezi (2011).

Dentre as funções do *Excel*, Domingos (2016) destacou o esboço de gráficos, a possibilidade de encontrar o coeficiente de correlação entre as

⁹ *Excel* é um software desenvolvido pela empresa Microsoft, amplamente usado para a realização de operações através de planilhas eletrônicas (folhas de cálculo).

variáveis utilizadas em um modelo matemático, a possibilidade de fazer ajustes lineares, entre outras utilidades.

Na sequência, aparecem 2 (dois) trabalhos que citam o uso do *software Geogebra*¹⁰ (DOMINGOS, 2016; ZANIM, 2015) nas atividades, em etapas de formulação e resolução dos modelos, já que esse programa facilita a interpretação gráfica dos modelos matemáticos. Sobre o *Geogebra*, Domingos (2016, p. 158) menciona que ele “[...] facilitou, para os alunos, a interpretação gráfica de alguns modelos matemáticos trabalhados no decorrer do curso.” Além disso, o autor menciona que os participantes conseguiram relacionar aspectos algébricos, aritméticos e geométricos relativos aos modelos matemáticos.

Os softwares *Graphmatica*¹¹, *PhET*¹², *GraphEquation*¹³ e *CurveExpert*¹⁴ apareceram uma vez cada em 4 (quatro) dos trabalhos do Tipo 1 (BATISTA, 2016; DOMINGOS, 2016; FURTADO, 2014; ZANIM, 2015). Esses *softwares* possibilitaram a elaboração de modelos e auxiliaram na análise dos resultados obtidos. Segundo Domingos (2016), o programa *PhET* possibilitou a interação entre o aluno e os experimentos e o auxílio em algumas atividades de Modelagem na Física e na Matemática.

Percebemos em Zanim (2015) a presença de três dos *softwares* apresentados no Gráfico 2 (*Excel*, *CurveExpert* e *Geogebra*). Eles foram utilizados para encontrar o modelo matemático que respondesse ao problema proposto pelos alunos. Os alunos construíram gráficos para verificar o comportamento dos dados – Matemática e Resolução - ao considerarmos a estrutura da atividade de Modelagem, segundo Almeida, Silva e Vertuan (2012). Além disso, sobre o uso de tecnologias, a autora

10 *Geogebra*, criado por Markus Hohenwarter, é um *software* gratuito de matemática dinâmica que reúne recursos de geometria, álgebra e cálculo.

11 *Graphmatica* é uma aplicação matemática que permite criar representações gráficas de funções cartesianas, relações, desigualdades, e equações ordinárias e diferenciais.

12 *PhET* é um programa de simulações gratuito, que oferece, aos alunos e professores, diversas simulações em Física e em outras áreas.

13 *GraphEquation* faz gráficos de regiões e curvas no plano que verifiquem inequações. Permite utilizar coordenadas cartesianas ou polares.

14 *CurveExpert* é uma multiplataforma para ajuste de curvas e análise de dados.

menciona que a *internet* auxiliou na obtenção dos dados – Inteiração, também conforme Almeida, Silva e Vertuan (2012).

Além de ressaltar a utilização de *softwares* na dissertação de Batista (2016), achamos oportuno destacar que o objetivo principal do autor consistiu na análise das contribuições que o AVA pode oportunizar para o desenvolvimento das dimensões crítica e reflexiva da Modelagem Matemática. O AVA, com a utilização da plataforma *Moodle*, oportunizou a elaboração de blocos de atividades de modelagem, o desenvolvimento dos projetos de Modelagem, bem como a disponibilização de textos de reflexão, fóruns de discussão sobre as tarefas e atividades que estavam relacionadas com a elaboração dos projetos de Modelagem Matemática, garantindo mais autonomia aos alunos.

No próximo tipo de agrupamento, Tipo 2, estão os trabalhos que analisam a implementação de uma proposta que aborda o ensino de determinado conteúdo do Cálculo, através da Modelagem com a utilização de TDIC (ARAÚJO, 2002; BELTRÃO, 2009; BORSSOI, 2013; CAMPOS, 2013; FECCHIO, 2011; FERRUZZI, 2011; FREITAS, 2006; MALHEIROS, 2004; NASCIMENTO, 2007; RILHO, 2005; SANTOS, 2008; SILVA, 2013; SCHUTZ, 2015).

As pesquisas reunidas no Tipo 2 são todas pesquisas qualitativas e a maioria realizada em cursos da área de exatas, com exceção de Beltrão (2009), Campos (2013), Malheiros (2004) e Rilho (2005), que sustentaram suas investigações em cursos de Tecnologia de Alimentos, Gestão Pública, Ciências Biológicas e Administração de Empresas, respectivamente.

Alguns dos trabalhos (dissertações e teses) foram desenvolvidos em disciplinas denominadas Cálculo Diferencial e Integral (I, II ou III) como em Fecchio (2011), Araújo (2002), Santos (2008) e Silva (2013), ou simplesmente Cálculo, como em Beltrão (2009) e Freitas (2006). Em outros, as disciplinas em que as pesquisas foram desenvolvidas recebiam denominações distintas, mas os conteúdos previstos eram os de Cálculo.

Esse último caso foi encontrado em Campos (2013), na disciplina Matemática A, cujo conteúdo previsto é o de Cálculo, com exemplos de aplicações voltados para a área de Ciências Humanas; em Ferruzzi (2011), que apresenta em sua tese atividades de Modelagem Matemática na disciplina Matemática II, com referência nos temas relacionados aos conteúdos de EDO; e em Borssoi (2013), Malheiros (2004) e Rilho (2005) que, dentre outras coisas, contemplavam investigações na disciplina Matemática Aplicada.

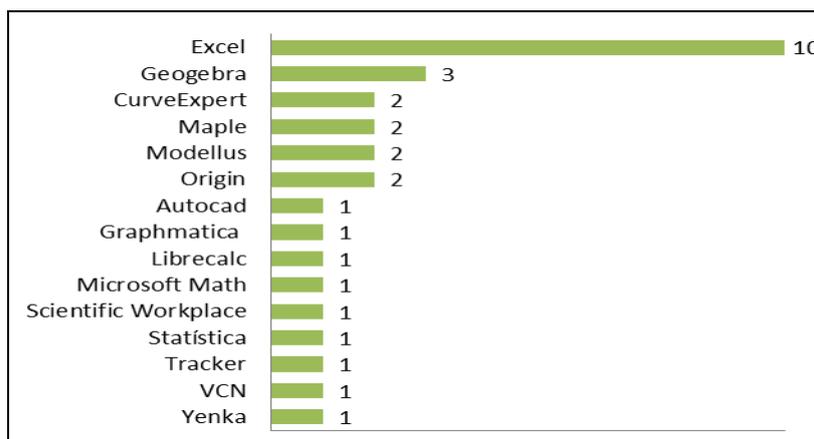
Além desses, Schutz (2015) descreve em sua dissertação os resultados de uma pesquisa de ensino e aprendizagem com alunos da disciplina Métodos Matemáticos no Curso de Licenciatura em Matemática, cuja ementa envolve o estudo de EDO, em um ambiente de Modelagem Matemática, aliado à utilização de recursos tecnológicos. Já a tese de Nascimento (2007) acompanhou uma experiência com alguns alunos do curso de Licenciatura em Matemática, que dominavam o conhecimento básico do *Modellus*¹⁵, no laboratório de informática, em período extraescolar.

As TDIC foram utilizadas em diversos sentidos em todos os trabalhos. Desde fonte de dados na *internet*, até *softwares* para plotar gráficos, encontrar funções, obter e validar modelos, entre outros. Na investigação de Santos (2008, p. 150), o autor sinaliza que a associação da Modelagem com o uso de tecnologias, particularmente o computador, contribui para o desenvolvimento da criatividade dos alunos na busca por soluções dos problemas postos pela sociedade.

Em especial, destacaremos no Gráfico 3, a seguir, os softwares citados nos trabalhos (dissertações e teses) que se enquadram no Tipo 2:

Gráfico 3- Frequência dos softwares nos trabalhos do Tipo 2.

¹⁵ *Modellus* é um *software* disponível gratuitamente que permite que os alunos e professores utilizem a Matemática para criar ou explorar modelos de forma interativa.



Fonte: Construção dos autores.

Dos trabalhos listados no Tipo 2, 10 (dez) deles (BELTRÃO, 2009; BORSSOI, 2013; CAMPOS, 2013; FECCHIO, 2011; FERRUZZI, 2011; FREITAS, 2006; MALHEIROS, 2004; RILHO, 2005; SANTOS, 2008; SILVA, 2013) mencionam a utilização do pacote de *software Excel* como ferramenta de trabalho dos alunos para o desenvolvimento das atividades no contexto da Modelagem Matemática.

Isso, pois, o *Excel*, dentre outras finalidades, permite gerar fórmulas e obter, através delas, resultados quase que instantâneos para uma vasta quantidade de valores assumidos pela variável independente. Em Rilho (2005), o *software* foi usado para o ajuste de curvas e, em Freitas (2006), também para a representação gráfica do fenômeno estudado, favorecendo um melhor entendimento para os alunos. Para esse último autor, a utilização da planilha *Excel* “para o ajuste de curvas e definição de alguns modelos, contribuiu na formação dos alunos, sendo estes mais críticos e observadores, constataram erros apresentados em alguns ajustes” (FREITAS, 2006, p. 107).

Em Malheiros (2004), o *Excel* foi utilizado como um instrumento para investigação dos dados obtidos pelos alunos. A partir do conhecimento matemático e do *software*, os alunos esboçaram os gráficos. Promoveu ainda as comparações necessárias dos gráficos desenvolvidos pelos alunos com os encontrados na literatura.

O próximo *software* mais citado nos trabalhos é o *Geogebra*, em 3 (três) deles, (BORSSOI, 2013; SCHUTZ, 2015; SILVA, 2013). Desses trabalhos, Schutz (2015, p. 43-44), menciona sua utilização com a finalidade de plotar os gráficos das funções e obter regressões, raízes de equações, campos de direção e resolver as equações diferenciais ordinárias de 1ª ordem. E Silva (2013) destaca a pouca habilidade dos alunos em lidar com os *softwares AutoCad*¹⁶, *Excel* e *Geogebra*, exigindo um gasto de tempo não previsto em uma etapa.

Os outros *softwares* apresentados no Gráfico 3, com frequência de 2 (dois) trabalhos em cada *software*, ou com frequência de 1 (um) trabalho em cada *software*, alguns deles não tão popularizados, também foram utilizados na obtenção de funções, tratamentos de dados, e algumas vezes para a validação dos modelos, como por exemplo, o *Scientific Workplace*¹⁷, em Fecchio (2011).

Quanto ao processo de validação do modelo, esse proporciona ao aluno momentos de análises, discussões, exploração e tomadas de decisões. Em Santos (2008), além do *Excel*, o *Maple*¹⁸ e o *Modellus* contribuíram para a realização dessa etapa. Além disso, o autor mencionou o uso do computador para simulação, para verificação, em procedimentos matemáticos, e ainda ressaltou o uso do *Modellus* também na construção do modelo.

O *Modellus* permite diferenciadas formas de representação e a construção de simulações computacionais. De acordo com Nascimento (2007, p. 96), propostas com a utilização desse *software* contribuem em investigações que objetivam verificar o nível de compreensão que alunos apresentam em relação a alguns conceitos de matemática e física. O autor verificou que o uso do *software* favoreceu o alcance dos objetivos para a validação e simulação dos problemas.

16 *AutoCad* é um programa utilizado principalmente para a elaboração de modelos 2D e criação de modelos 3D.

17 *Scientific WorkPlace* permite editar facilmente textos científicos com todas as facilidades do padrão LaTeX, além de realizar cálculos algébricos diretamente de sua interface, e gerar gráficos 3D e 2D.

18 *Maple* é um programa que permite cálculos matemáticos com expressões simbólicas (ou algébricas).

Em Malheiros (2004), o *software Statistica*¹⁹ auxiliou para que os alunos fizessem a regressão linear dos dados e plotassem os gráficos. O *software* matemático utilizado serviu para comprovar que os procedimentos adotados pelos alunos estavam corretos.

No trabalho de Borssoi (2013), a tecnologia foi integrada às atividades desde a proposição do tema e contribuiu para a condução das atividades de Modelagem (desde a fase da inteiração até a validação) no contexto educacional de Almeida, Silva e Vertuan (2012). Os *softwares* foram usados para tratamento e produção de dados, implementação de algoritmos, além da visualização tabular e gráfica dos resultados. O *Yenka*²⁰, por exemplo, foi utilizado para o levantamento de dados e, para a interpretação e validação, dentre os utilizados, destacamos o *Origin*²¹ e *Maple* (tratamento de dados). Além disso, ressaltamos que a utilização do *Tracker* colaborou com a fase de Inteiração, Matematização e Resolução através da videoanálise e construção de modelos.

Em Schutz (2015), os *softwares* foram utilizados de diversas maneiras pelos grupos de alunos e pela professora da disciplina Métodos Matemáticos, que envolve o estudo de EDO. Em sala de aula, para propiciar e facilitar a aprendizagem dos conteúdos, a professora fez uso de alguns *softwares* para familiarizar e preparar os alunos para o desenvolvimento do projeto final de Modelagem Matemática, cujo tema seria escolhido pelos próprios alunos. Essa utilização destinou-se para "resolver as atividades, ou seja, para validar os resultados obtidos manualmente ou, para dar ênfase às reflexões oriundas dos aspectos visuais" (SCHUTZ, 2015, p.45). O *Librecalc*²², por exemplo, foi utilizado para a construção das planilhas dos métodos iterativos de obtenção dos zeros de funções. Já o *CurveExpert*, para interpolações

19 O *Statistica* é um *software* de métodos estatísticos que possui um conjunto de ferramentas para análises estatísticas.

20 *Yenka* é um *software* desenvolvido principalmente para educadores que permite o uso e edição de uma biblioteca de aulas para as áreas da matemática, ciências, tecnologia e computação.

21 *Origin* é um *software* aplicado na análise de dados e visualização com plotagens. Integrado a planilhas do tipo *Excel* é capaz de ajustar e analisar os diversos modelos de gráficos científicos.

22 *Librecalc* é um programa *freeware* e gratuito que faz parte do *LibreOffice* e possibilita a criação, edição e apresentação de planilhas eletrônicas.

polinomiais e método dos mínimos quadrados, enquanto o *VCN*²³ foi usado como um aplicativo de apoio a todos os capítulos da disciplina. Os alunos foram orientados a utilizar esses recursos, além do *Geogebra*, tanto na resolução dos exercícios propostos quanto no projeto final de Modelagem Matemática.

Nos trabalhos (dissertações e teses) que discutem a utilização da Modelagem Matemática e das TDIC em processos de ensino e aprendizagem de Cálculo no Ensino Superior, percebemos que, independentemente das finalidades dos trabalhos, seja a análise da implementação de propostas educativas ou a apresentação de uma proposta educativa, todos enfatizam, embora em graus diferentes, o uso das TDIC em atividades que viabilizaram ou têm o potencial de viabilizar a aprendizagem de tópicos de Cálculo Diferencial e Integral.

Considerações finais

O mapeamento das teses e dissertações nos permitiu sistematizar uma análise das pesquisas que envolvem o ensino de Cálculo, utilizam a Modelagem Matemática e adotam práticas com o uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação. Essa investigação mostrou-nos que a quantidade de trabalhos que abordam o ensino de Cálculo no Ensino Superior ainda é relativamente pequena, sobretudo ao associarmos à Modelagem Matemática e às TDIC.

Percebemos que existe uma grande preocupação em torno desse assunto por parte dos pesquisadores, motivando-os para realização dos trabalhos analisados, principalmente quando se trata das dificuldades de aprendizagem, que acarretam os altos índices de reprovação nos cursos de Cálculo.

²³ *Visual Computational Numerical (VCN)* é um *software* gratuito, que possibilita o tratamento dos conteúdos das disciplinas da área de Cálculo Numérico.

Ao agruparmos os trabalhos, a partir de algumas características semelhantes, conseguimos ressaltar as TDIC que apareceram nos trabalhos selecionados, bem como a justificativa da sua utilização no desenvolvimento das propostas. Apesar da Modelagem não estar sempre associada ao uso de TDIC, não nos surpreendeu a unanimidade de citação nas teses e dissertações sobre sua utilização em algumas atividades, pois esses trabalhos acadêmicos são recentes e a presença de tecnologias está naturalizada entre os jovens estudantes e professores universitários.

Percebemos a articulação entre a Modelagem e a utilização de Tecnologias principalmente em algumas etapas do desenvolvimento das atividades. O uso da *internet*, por exemplo, foi marcante ao desempenhar o papel principal como fonte de pesquisa, levantamento de informações e dados, auxiliando na 1ª etapa da Modelagem (Percepção e Apreensão) que trata do momento de escolha e familiarização sobre determinado assunto de algumas atividades. Ressaltamos também, o uso de *softwares* específicos, matemáticos ou não, favorecendo a realização das 2ª (Compreensão e Explicação) e/ou 3ª (Significação e Expressão) etapas da Modelagem, que referem-se, respectivamente, ao momento de formulação de problemas, questões, hipóteses e de um modelo, e do momento de interpretação da solução, da avaliação e validação do modelo formulado.

Observamos a existência de um trabalho de natureza empírica que resultou em uma proposta de ensino, enquadrado no primeiro grupo deste artigo, por não discutir a realização e os resultados das atividades com os alunos. Esse trabalho tem como foco o ensino de algumas disciplinas do Ensino Superior (inclusive o Cálculo), através da Modelagem em ambiente computacional, no caso o escolhido foi o *Winplot* por favorecer a dinâmica pretendida na pesquisa de articulação de conteúdos e variação de possibilidades.

Constatamos também, que a maioria dos trabalhos investigados são de natureza empírica que implementam e analisam uma prática de ensino, constituindo o segundo grupo deste artigo. Alguns desses trabalhos,

aproximadamente 30% das produções encontradas, abordam o ensino sobre a Modelagem e a Modelar, sem fazer menção a essas abordagens, visto que esses não possuem delimitações específicas e agrupamos no Tipo 1. Outros, em uma quantidade mais expressiva, aproximadamente 65% das produções, agrupamos nos trabalhos que analisam a implementação de uma proposta educativa que aborda o ensino de determinado conteúdo do Cálculo, através da Modelagem, como tipo 2.

A maioria das pesquisas do Tipo 1 foram realizadas em cursos de Licenciaturas na área de exatas. Nesse caso, as atividades usaram as ferramentas do Cálculo e têm potencial de alicerçar futuras atividades de ensino de Cálculo, mas, não têm como objetivo principal o ensino dos conteúdos do Cálculo. Com relação às pesquisas reunidas no Tipo 2, todas são qualitativas e a maioria também realizada em cursos da área de exatas. Essas foram desenvolvidas em disciplinas denominadas Cálculo ou em disciplinas/cursos que recebem outras denominações, mas os conteúdos previstos são os de Cálculo.

Em ambos os Tipos, Tipo 1 e Tipo 2, do segundo agrupamento, encontramos o emprego do *software Excel*, seguido do *Geogebra*, em uma quantidade significativa dos trabalhos. O *Excel* foi utilizado como ferramenta de trabalho dos alunos para o desenvolvimento das atividades no contexto da Modelagem Matemática, dentre suas atribuições, destacaram sua utilização para a elaboração de modelos, esboços de gráficos e também para auxiliar na análise dos resultados encontrados pelos alunos. Da mesma maneira, o *Geogebra* foi utilizado nas atividades em etapas de formulação e resolução dos modelos, pois esse programa facilita a interpretação gráfica dos modelos matemáticos.

Nas diversas abordagens adotadas, observamos o uso das tecnologias enquanto possibilidade para o trabalho com a Modelagem. Conforme já mencionamos, as tecnologias deram suporte e possibilitaram a realização das atividades propostas, ou implementadas e analisadas nos trabalhos selecionados. Além disso, propiciaram novas performances, possibilidades,

conexões interdisciplinares e um número maior de aplicações para se levar para a sala de aula criando um elo com outras áreas do conhecimento.

Ao considerarmos a Modelagem Matemática e o uso de Tecnologias Digitais como agentes que possibilitam uma conexão interdisciplinar dos saberes, colaborando de forma efetiva no ensino e aprendizagem, sobretudo no que diz respeito ao Cálculo, constatamos uma carência de investigações em cursos fora da área de exatas. Isso, pois geralmente os alunos da área de exatas têm predisposição para gostar mais de Cálculo e possuem habilidades expressivas para o raciocínio lógico. Atividades direcionadas para esses cursos, com o uso de tecnologias e Modelagem Matemática, são bem acolhidas por parte dos professores e alunos, o que justifica a quantidade de investigações encontradas, aproximadamente 76% do total.

Este estudo expressou que ainda há muito que se investigar sobre a Modelagem Matemática na Educação e que existem muitas outras questões para refletirmos sobre a utilização de TDIC no Ensino Superior, sobretudo no ensino e aprendizagem de Cálculo em cursos não pertencentes à área de conhecimento das Ciências Exatas, e por isso, recomendamos fortemente a continuidade do estudo dessa temática.

Referências

ALMEIDA, L. M. W.; DIAS, M. R. Modelagem em cursos de formação de professores. In: BARBOSA, J. C.; CALDEIRA, A. D.; ARAÚJO, J. L. *Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: Pesquisas e Práticas Educacionais*. Recife: SBEM, 2007, p. 253-268. (Biblioteca do Educador Matemático). v. 3.

ALMEIDA, L. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. *Modelagem Matemática na educação básica*. São Paulo: Contexto, 2012.

ARAÚJO, J. de L. *Cálculo, tecnologias e modelagem matemática: as discussões dos alunos*. 2002. 173 p. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2002.

BASSANEZI, R. C. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia*. São Paulo: Contexto, 2011.

BATISTA, J. de F. R. *Modelagem matemática no ambiente virtual de aprendizagem (AVA): entendendo as suas dimensões crítica e reflexiva a partir de um estudo de caso*. 2016. 252 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

BELTRÃO, M. E. P. *Ensino de Cálculo pela Modelagem Matemática e Aplicações: teoria e prática*. 2009. 322 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009.

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

BORSSOI, A. H. *Modelagem Matemática, Aprendizagem Significativa e Tecnologias: articulações em diferentes Contextos Educacionais*. 2013. 256 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

CAMPOS, I. da S. *Alunos em ambientes de modelagem matemática: caracterização do envolvimento a partir da relação com o background e o foreground*. 2013. 203 p. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

DOMINGOS, R. M. C. *Resolução de problemas e modelagem matemática: uma experiência na formação inicial de professores de física e matemática*. 2016. 193 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática.) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

FECCHIO, R. *Modelagem Matemática e a interdisciplinaridade na introdução do conceito de Equação Diferencial em cursos de Engenharia*. 2011. 208 p. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2011.

FERRUZZI, E. C. *Interações discursivas e aprendizagem em modelagem matemática*. 2011. 228 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

FREITAS, C. A. M. de. *Modelagem Matemática da Araucária Angustifolia nos Campos de Lages, Santa Catarina: Uma Proposta Metodológica Regional para o Estudo do Cálculo Diferencial e Integral em Sala de Aula*. 2006. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2006.

FURTADO, A. B. *Avaliação do uso de tecnologias digitais no apoio ao processo de modelagem matemática*. 2014. 182 p. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

GOLDENBERG, P. “Mathematics, metaphors and human factors: mathematical, technical and pedagogical challenges in the educational use of graphical representation of functions”. *The Journal of Mathematical Behavior*, v.7, n. 2, p. 135-73, 1998.

GOMES FERREIRA, V. G. “*Exploring Mathematical Functions through Dynamic Microworlds*”, a PhD Thesis submitted in October, 1996 at Institute of Education, University of London, 1997.

MALHEIROS, A. P. dos S. *Produção matemática dos alunos em um ambiente de modelagem*. 2004. 180 p. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2004.

MENEZES, R. O. *O uso de tecnologias digitais no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática*. 2016. 86 p. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

NASCIMENTO, R. A. do. *Modelagem matemática com simulação computacional na aprendizagem de função*. 2007. 344 p. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

PAGANI, E. M.; ALLEVATO, N. S. G. *Ensino e aprendizagem de cálculo diferencial e integral: um mapeamento de algumas teses e dissertações produzidas no Brasil*. VIDYA, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 61-74, jul./dez., 2014.

PARANHOS, M. de M. *Parametrização e movimentação de curvas e superfícies para uso em modelação matemática*. 2015. 147 p. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2015.

RILHO, B. C. *Uma experiência em ensino e aprendizagem: modelos de investimento e as derivadas*. 2005. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2005.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. As pesquisas denominadas do tipo “Estado da Arte” em Educação. *Revista Diálogo Educacional*, Curitiba, v. 6, n.19, p.37-50, set./dez., 2006.

SANTOS, F. V. *Modelagem Matemática e Tecnologias de Informação e Comunicação: o uso que os alunos fazem do computador em atividades de modelagem*. 2008. 176 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

SCHUTZ, C. *Modelagem matemática e recursos tecnológicos: uma experiência em um curso de formação inicial de professores*. 2015. 127 p. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Ensino de Física) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SILVA, C. A. da. *Introdução ao conceito de integral de funções polinomiais em um curso de Engenharia de Produção por meio de tarefas fundamentais em princípios da Modelagem Matemática*. 2013. 349 p. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2013.

SOUZA JUNIOR, A. J. de. *Concepções do professor universitário sobre o ensino da matemática*. 1993. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1993.

VIDIGAL, C. L. *Desenvolvendo criticidade e criatividade com estudantes de Geografia por meio de modelagem*. 2013. 149 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

ZANIM, A. P. *Competências dos alunos em atividades de Modelagem Matemática*. 2015. 164 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

Recebido em outubro de 2017.

Aprovado em fevereiro de 2018.