



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO



Interatividade entre usuário e tecnologia nas etapas de modelagem matemática: um olhar para produções de modelagem com tecnologias na Educação Matemática

Interactivity between digital technologies and the stage of mathematical modeling: a study in modeling productions with technologies in Mathematics Education

Manuel Jesus Mamani Lopez

Doutor em Educação para a Ciência e a Matemática
Universidade Estadual de Maringá - PR – Brasil
manuel.lopez@docente.pr.senac.br
<https://orcid.org/0000-0003-0568-482X>

Lilian Akemi Kato

Doutora em Matemática Aplicada
Universidade Estadual de Maringá - PR – Brasil
lilianakemikato@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8770-3873>

Resumo

A interatividade entre usuário e tecnologia vem se fortalecendo à medida que essa se acopla ao fazer humano. Avaliar essa interação em níveis ou categorias gera diversos entendimentos sobre o desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática com vistas à aprendizagem mediada pela tecnologia. Investigar que níveis de interatividade usuário-recurso-digital nas etapas da Modelagem Matemática são atingidos em atividades de modelagem descritas em produções acadêmicas na Educação Matemática é o objetivo central deste estudo. Caracterizada como uma pesquisa de natureza qualitativa, adaptamos o modelo de interatividade proposto por Beauchamp e Kennewell (2010) e a classificação dada por Oliveira (2012) para avaliar a interatividade das tecnologias em atividades de Modelagem Matemática em 16 produções acadêmicas brasileiras. Dos resultados, evidenciamos características de interatividade segundo o nível de envolvimento tecnológico, percebidas como: técnica, física e conceitual. Enfim, distinguimos critérios que favorecem alcançar níveis de interação nas etapas da modelagem da Educação Matemática.

Palavras-Chaves: Modelo matemático; modelagem matemática; tecnologia digital; interatividade.

Abstract

The interactivity between user and technology has been strengthening as it is coupled with human activity. Measure this interaction in levels or categories give different understandings about the development of Mathematical Modeling activities with a view to learning mediated by technology. Investigating what levels of user-resource-digital interactivity in the stages of Mathematical Modeling are achieved in modeling activities described in academic productions in Mathematics Education is the central objective of this study. Characterized as qualitative research, we adapted the interactivity model proposed by Beauchamp and Kennewell (2010) and the classification given by Oliveira (2012) to evaluate the interactivity of technologies in Mathematical Modeling activities in 16 Brazilian academic productions. From the results, we showed interactivity characteristics according to the level of technological involvement, perceived as: technical, physical and conceptual. Finally, we distinguish criteria that favor achieving levels of interaction in the modeling stages of Mathematics Education.

Keywords: Model math; modeling mathematical; digital technology; interactivity.

INTRODUÇÃO

É um fato que vivemos em um mundo tecnológico; em geral, o ser humano se integra facilmente ao avanço da ciência e da tecnologia tanto quanto essas influenciam diretamente as diversas atividades humanas, como o estudo, o trabalho, o lazer etc. Estamos cercados por uma diversidade de elementos tecnológicos, tais como dispositivos eletrônicos (computadores pessoais, *tablets*, celulares etc.), *softwares* e aplicativos digitais (mídias sociais, ambientes virtuais etc.), fazendo uso de muitos deles no dia a dia.

Nos ambientes educacionais (escolas, universidades, institutos etc.), os elementos tecnológicos têm-se feito presentes cada vez com mais intensidade. No caso da Matemática, como disciplina abstrata, o relacionamento com a tecnologia, especificamente a digital, favoreceu a compreensão dos seus procedimentos lógico-abstratos ao se matematizar uma determinada situação problema.

Com relação à Modelagem Matemática (MM), um dos temas centrais deste estudo, não é diferente. Enquanto a MM se apropria de novas técnicas e modelos que justifiquem a arte de modelar, as Tecnologias Digitais (TDs) evoluem e aumentam a interatividade com os usuários (participante de pesquisa, professor ou aluno).

Possivelmente, essa interatividade usuário-tecnologia, colabora com o desenvolvimento das atividades da MM e favorece o processo de ensino e de aprendizagem educacional almejado na Educação Matemática.

Embora seja um dos objetivos da modelagem interligar aspectos do mundo cotidiano com a Matemática, conhecer o nível de interatividade usuário-tecnologia facilitaria o desenvolvimento das atividades de MM, no sentido de contribuir para a identificação, contextualização, resolução, validação e comprovação de um fenômeno ou tema de estudo. Não obstante a isso, a identificação de algumas características (ou critérios de interatividade) pode facilitar/modificar o percurso das atividades em MM, influenciando o processo de ensino e de aprendizagem da matemática.

Diante disso, neste artigo, buscamos responder à seguinte indagação: Que níveis de interatividade usuário-recurso-digital são atingidos no desenvolvimento de atividades de MM? O objetivo geral, deste modo, é investigar que níveis de interatividade usuário-recurso-digital nas etapas da MM são atingidos em atividades de modelagem descritas em produções acadêmicas, na área de Educação Matemática. Para tanto, realizou-se uma pesquisa de natureza qualitativa, na qual adaptamos o modelo de interatividade proposto por Beauchamp e Kennewell (2010) e a classificação dada por Oliveira (2012) para avaliar a interatividade com base na seleção de 16 produções acadêmicas brasileiras.

Assim sendo, espera-se que este estudo referente à interatividade seja um ponto de início para investigar situações de MM com uso de TDs, pois se sabe que essa interação contribui com o avanço da ciência e da tecnologia, sobretudo da Educação Matemática.

REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, fundamentamos o tema deste estudo, abordando conceitos e entendimentos centrais a respeito da interatividade usuário-tecnologia no desenvolvimento de atividades de MM.

O que é a interatividade entre usuário e Tecnologia Digital?

Para contextualizar essa pesquisa, é necessário entender a diferença entre interação e interatividade. No âmbito deste estudo, a interação se refere a uma ação, a um fato que se dá entre sujeitos. Por outro lado, a interatividade diz respeito a uma capacidade, uma habilidade, seja como técnica ou procedimento, uma troca, uma retroalimentação ou uma busca de uma resposta (Malheiros, 2008).

Jensen (1998), por exemplo, considera a interatividade como “[...] a medida da habilidade potencial da mídia em permitir que o usuário exerça uma influência no conteúdo e/ou na forma da comunicação mediada” (Jensen, 1998, p. 200, tradução nossa).

Do ponto de vista do uso tecnológico, especificamente no sentido comunicativo e computacional, Sousa, Miota e Carvalho (2011) definem interatividade como um recurso de intervenção do aluno, no qual o processo de aprendizagem depende de sua participação comunicativa que influencia a outros e a si mesmo. Para Bortolás e Vieira (2013), a interatividade está “[...] integrada às novas mídias. Tais percepções justificam o fato de a interatividade estar intimamente associada à tecnologia” (Vieira, 2013, p. 93).

Neste artigo, compreendemos, assim como Oliveira (2012), que a interatividade designa o “[...] grau em que os usuários de um sistema [TDs] podem alterar ou construir a forma e/ou conteúdo deste ambiente e compartilhá-los com outros usuários” (Oliveira, 2012, p. 30).

Ao associarmos o usuário-recurso-digital por meio da sua interatividade, encontraremos diversas relações entre esses, pois, de certa forma, no contexto interativo, eles mantêm uma afinidade nos processos de desenvolvimento, podendo ser referentes à troca de conhecimento, à influência tecnológica, à interação com aprendizagem significativa, à comunicação midiática, aos processos produtivos etc. Jensen (1998) e Bortolás e Vieira (2013) explicam que a interatividade propicia, por um lado, mudanças comportamentais nos usuários, modificando, algumas vezes, a nossa maneira de pensar. Por outro, a relação biunívoca usuário-recurso-digital favorece a materialização do processo de ensino e de aprendizagem educacional.

Nesse viés, a interatividade é vista como um atributo da tecnologia e não do usuário; aliás, o mensurável na interatividade usuário-recurso-digital não é a aplicabilidade, mas sim a usabilidade e a funcionalidade do ferramental tecnológico

(Sundar, 2004). Isso significa que não é a quantidade de vezes do uso tecnológico que gera maior interatividade e sim a variedade de aplicações e funções que o usuário desenvolve com a tecnologia.

A Modelagem Matemática e a Tecnologia Digital na Educação Matemática

Com relação à MM, pesquisadores apresentam concepções que revelam diferentes compreensões consoante com suas percepções de Matemática e Educação Matemática. Destacamos alguns dos autores, como, Biembengut (2012) que a apresenta como um “[...] processo cíclico e crescente [...] seja como uma prática em sala de aula ou como pesquisa” (Biembengut, 2012, p. 121). Barbosa (2001), por sua vez, a concebe como “[...] um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade” (Barbosa, 2001, p. 6). Burak (1992) caracteriza a MM como “[...] um conjunto de procedimentos cujo objetivo é construir 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). Por fim, Silva e Kato (2012) argumentam que uma modelagem abrange aspectos formativos da pessoa, de modo a desenvolver seu conhecimento ao mesmo tempo que produz novos saberes relacionados relação aos problemas estudados.

No que diz respeito à tecnologia, há na literatura diversos entendimentos: Jens (2008) destaca sua aplicabilidade, pois amplia os conhecimentos e promove aprendizagens significativas; Dagnino (2010) enfatiza as contribuições da tecnologia para o desenvolvimento social, gerando transformações sociais; Geiger (2011) a enfatiza como um recurso que se apresenta apenas como suporte durante a resolução da atividade; Almeida de Goulart (2019) a considera como produto da ciência e da engenharia, assim como os equipamentos digitais ou recursos digitais (computadores, celulares, tablet, lousa digital, câmeras, plataformas virtuais, inclusive, softwares e aplicativos). As distintas visões evidenciam, por um lado, a diversidade de entendimentos sobre o que é tecnologia e, por outro, as possibilidades da sua aplicação nas diversas áreas do saber humano, caracterizado como inclusivo e participativo.

Desse modo, não é difícil encontrar elementos ou recursos tecnológicos (TDs) em ambientes educacionais (escolas, universidades etc.), pois existe uma certa afinidade em seu uso, beneficiando, por exemplo, o desenvolvimento do processo de ensino e de aprendizagem nas diversas áreas humanas (Engenharia, Medicina, Matemática, Administração etc.). Neste estudo, o foco é a Educação Matemática como tendência educativa.

Nesse viés, alguns autores/pesquisadores defendem um relacionamento interativo entre a MM e o uso de TDs no contexto da Educação Matemática. Javaroni (2007) argumenta que “[...] iniciar com o estudo de modelos matemáticos [...] explorando-os com o auxílio das TIC, pode trazer mais possibilidades para o processo de aprendizagem dos alunos” (Javaroni, 2007, p. 171). Furtado (2014) concorda que os ambientes de investigação, quando criados com base na MM e nas TDs, caracterizam “[...] ganhos de aprendizagem, seja por incentivar a pesquisa a ser realizada pelo estudante” (Furtado, 2014, p. 174). Vecchia (2012), por sua vez, considera que o desenvolvimento de uma linguagem tecnológica/matemática em contextos da Educação Matemática caracteriza-se como “[...] um processo dinâmico e pedagógico de construção de modelos sustentados por ideias matemáticas que se referem e visam encaminhar problemas de qualquer dimensão abrangida pela realidade” (Vecchia, 2012, p. 214).

Assim sendo, a Educação que utiliza as TDs é concebida como um dos pilares fundamentais no desenvolvimento e na formação humana (Vieira Neto, 2017), quando incorporadas no processo de ensino e de aprendizagem educacional (p. ex. MM).

Interatividade usuário-recurso-digital em atividades de Modelagem Matemática

Para a Matemática, especificamente na MM, as TDs permitem uma parceria natural ao desenvolver processos lógico-matemáticos que envolvem um raciocínio abstrato, facilitando, desse modo, diversas tarefas de cálculos realizados com maior rapidez e exatidão, enquanto aproximam aos alunos para uma Matemática mais divertida e dinâmica. Segundo essa compreensão, caracteriza-se pela “[...] existência de uma certa harmonia na parceria entre Modelagem Matemática e tecnologias informáticas” (Araújo, 2002, p. 43).

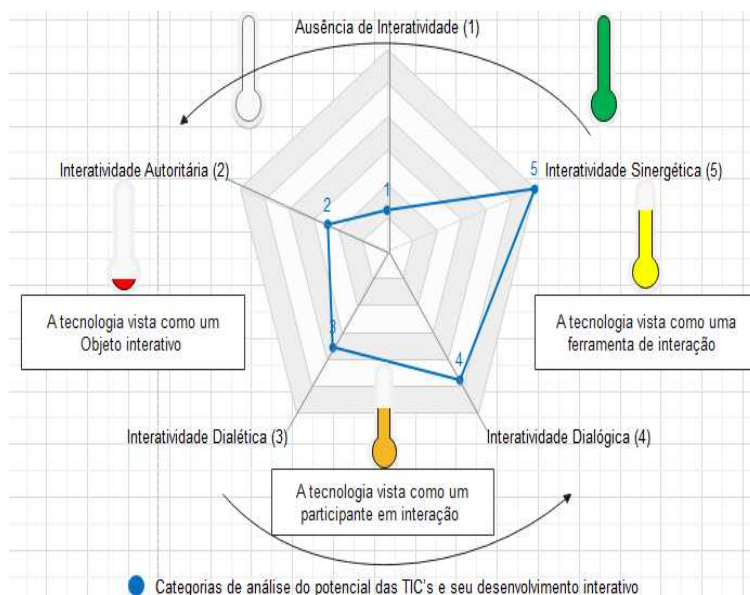
Nessa sinergia, a interatividade exerce um papel importante, como uma interface que conecta a ferramenta tecnológica e as ações do usuário. Embora o processo de interatividade seja uma característica das TDs, a necessidade de desenvolver atividades de modelagem manifesta-se como uma ação vinda do usuário. Sendo que essa tecnologia fornece os meios digitais necessários, e os usuários a usufruem de acordo com as suas necessidades e possibilidades. Jensen (1998) pondera que a interatividade se mostra como um sentido comunicativo dado entre um usuário e seu sistema tecnológico, identificada dentro em um contexto; no caso desta pesquisa, voltada às atividades de modelagem.

A partir de uma perspectiva tecnológica, podemos definir a interatividade entre um usuário de TDs e as atividades de MM como uma possibilidade de comunicação entre um sujeito (aluno), um objeto (mídia tecnológica) e sua metodologia a utilizar (atividades de modelagem). Esses elementos, em sua interação dinâmica, desenvolvem habilidades técnicas, físicas e conceituais, almejando um certo nível de interatividade (Beauchamp; Kennewell, 2010). Kiouisis (2002) explica que, quanto maior forem os atributos e as características de uma mídia tecnológica, maior será o alcance da interatividade.

Modelo de Interatividade segundo Beauchamp e Kennewell (2010)

Com vistas ao objetivo desta pesquisa, recorreremos o modelo teórico/categorial proposto por Beauchamp e Kennewell (2010), composto por cinco categorias que caracterizam o grau de interatividade ou grau de envolvimento tecnológico considerando o usuário e o uso das TDs. Neste artigo, adaptamos cada uma das cinco categorias de interatividade com valores que representam seu nível de interatividade, de 1 a 5 pontos, conforme a seguinte figura:

Figura 1 - Categorias de interatividade segundo Beauchamp e Kennewell (2010)



Fonte: Adaptado de Beauchamp e Kennewell (2010).

As cinco categorias são estas:

1. Ausência de interatividade (1 ponto): não se necessita de estímulos e ações e não apresenta resposta ao usuário (aprendizagem passiva). Ex.: apresentação de *slides*, vídeo ou fotos;
2. Interatividade Autoritária (2 pontos): quando os estudantes são controlados por respostas pré-definidas e procedimentos fixos (aproximação às TDs). Ex.: jogos de quebra-cabeças e *quizzes*;
3. Interatividade Dialética (3 pontos): é um ambiente em que vários recursos são usados, pois existe mais liberdade para formular as interações desejadas (construção de ambientes interativos). Ex.: tutoriais, guias digitais;
4. Interatividade Dialógica (4 pontos): caracterizada por permitir a participação dos alunos modificando uma atividade; tem uma influência elevada no conteúdo proposto (desenvolvimento do diálogo);
5. Interatividade Sinérgica (5 pontos): o aluno faz uma reflexão conjunta com a classe. Tanto o professor quanto os alunos são capazes de construir significados (pensamento crítico). Ex.: *wikis*, fóruns, debates, *chats*.

Tanto a Figura 1 quanto às descrições das categorias mostram cinco níveis a serem utilizados para analisar e interpretar ações que acontecem nas atividades de MM com uso de TDs. Nessa ótica, a atribuição de valores, de 1 a 5, para cada uma das categorias correspondentes, nos permite classificar numericamente (em pontos) segundo as características que representam cada um dos trabalhos acadêmicos, em um nível de interatividade observado no desenvolvimento das etapas da modelagem.

METODOLOGIA

Com um enfoque de natureza qualitativa, esta pesquisa tem abordagem exploratória e interpretativa. Na amostragem, selecionamos 16 trabalhos acadêmicos (teses e dissertações brasileiras) que tratam sobre atividades de MM e o uso das TDs considerando a Educação Matemática como eixo principal. Dos trabalhos selecionados, 12 foram publicados entre 2012 e 2019 e quatro anteriores a 2008.

No que refere à seleção, utilizamos a revisão bibliográfica. Essa técnica, segundo Truccolo e Dentz (2010), surge ao tentar estruturar e compreender as produções bibliográficas existentes. Recorremos às seguintes bases de dados virtuais para a busca: *websites* da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), do Google Acadêmico e da plataforma de Revistas e Comunicação (Acadêmicos).

A seguir, apresentamos os estudos selecionados, sendo codificados com as siglas ‘TE’ para Trabalhos de Tese e ‘DI’ para Dissertações, seguidas de um número sequencial (1, 2, 3, ...).

Tabela 1 - Lista das pesquisas selecionadas entre teses e dissertações

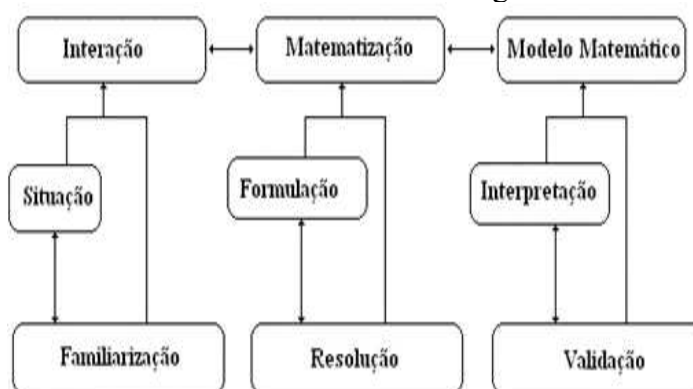
Autor/ produção	Título da pesquisa	Objetivo da investigação
Araújo (2002) TE-1	Cálculo, tecnologias e modelagem matemática: As discussões dos alunos	Investigar as discussões que ocorrem entre alunos de Cálculo Diferencial e Integral I quando estão desenvolvendo projetos de MM em ambientes computacionais.
Javaroni (2007) TE-2	Abordagem geométrica: possibilidades para o ensino e aprendizagem de Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias.	Analisar as possibilidades de ensino e aprendizagem de introdução às equações diferenciais ordinárias a partir da abordagem qualitativa de alguns modelos matemáticos auxiliada pelas TICs.

Diniz (2007) DI-1	O Papel das TIC's nos Projetos de Modelagem Matemática	Investigar como os alunos utilizam as TICs nos Projetos de MM.
Malheiros (2008) TE-3	Educação Matemática Online: A elaboração de projetos de modelagem.	Investigar a elaboração de projetos de Modelagem por professores de Matemática ao longo do curso de extensão universitária.
Vecchia (2012) TE-4	A modelagem Matemática e a realidade do mundo cibernético	Investigar a MM com o mundo cibernético, aqui entendido como qualquer ambiente produzido com as TDs.
Soares (2012) TE-5	Uma Abordagem Pedagógica Baseada na Análise de Modelos para Alunos de Biologia: qual o papel do software?	Investigar qual o papel de um <i>software</i> no desenvolvimento de uma abordagem pedagógica baseada em uma análise de modelos
Ferreira (2013) DI-2	MM e TIC's como ambiente para abordagem do conceito de Função segundo a Educação Matemática Crítica	Investigar as contribuições da modelagem ao abordar conceitos matemáticos quando são trabalhados com as TICs.
Barsotti (2013) DI-3	Uso de ferramentas tecnológicas no ensino de física para o ensino médio: MM a partir do software Modellus.	Avançar na busca de respostas para a questão; é viável utilizar uma ferramenta computacional com MM no Ensino Médio?
Furtado (2014) TE-6	Avaliação do uso de tecnologias digitais no apoio ao processo de Modelagem Matemática.	Avaliar o uso de tecnologias nas atividades de MM, especificamente no processo de Ensino da Matemática.
Mastrela (2014) DI-4	MM e as TIC's no processo ensino-aprendizagem	Investigar a contribuição da utilização das metodologias MM e das TICs no processo de ensino-aprendizagem de alguns conceitos matemáticos.
Schütz (2015) DI-5	Modelagem Matemática e recursos tecnológicos: uma experiência em um curso de formação inicial de professores	Investigar o processo de ensino/aprendizagem contextualizados em um ambiente de MM e uso de recursos tecnológicos.
Menezes (2016) DI-6	O uso de tecnologias digitais no desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática	Investigar o uso de tecnologias digitais no desenvolvimento de atividades de MM por alunos da graduação do curso de Licenciatura em Matemática.
Costa (2016) DI-7	O ensino de funções exponenciais: uma proposta alternativa por meio da contextualização, MM e recursos tecnológicos	Elaborar uma proposta alternativa por meio de contextualização, MM e recursos tecnológicos, utilizando como conteúdo temático o ensino de funções exponenciais.
Carvalho (2018) DI-8	Introdução à programação de computadores por meio de uma tarefa de MM na Educação Matemática.	Estudar a associação que acontece na MM e as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação.
Silva, A. D. P. (2019) DI-9	MM e TD's para o ensino e aprendizagem de conceitos Matemáticos	Usar da Tecnologia em atividades de MM para subsidiar os processos de ensino no 5º ano do Ensino Fundamental
Silva, C. A. (2019) DI-2	Modelagem e Tecnologia: Alternativas metodológicas para a educação matemática	Investigar como a MM e Ferramentas Tecnológicas podem ser utilizadas na Educação Matemática, por meio do processo de ensino para colaborar com a apropriação de conceitos matemáticos pelos estudantes.

Fonte: Os autores.

Com relação às três etapas da MM, utilizamos o modelo proposto por Biembengut (2012), que serviu para estruturar a análise e a interpretação dos resultados obtidos em cada produção acadêmica. Dessa escolha, caracterizada como cíclica e crescente, a autora apresenta a seguinte sequência de modelagem constituída em três etapas (interação¹, matematização e modelo matemático) e seus respectivos procedimentos, como se observa na Figura 2:

Figura 2 - Processo cíclico/crescente da MM segundo Biembengut (2012)



Fonte: Biembengut (2012).

A partir desses procedimentos metodológicos, na sequência, analisamos e interpretamos as atividades de modelagem com uso de TDs, buscando características de interatividade produzidas em cada uma das três etapas. Adicionalmente, a pontuação alcançada representará qualitativamente um nível avaliado.

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO

A análise e interpretação que elaboramos não é um ponto final sobre os entendimentos a respeito do tema, mas definem proximidades para teorizar e justificar o nível de interatividade desenvolvida nas atividades de MM com TDs não só em cada uma das 16 pesquisas selecionadas, mas também em outras pesquisas semelhantes.

Nesse sentido, para cada uma das etapas da MM, são descritas características vistas desde o surgimento de interatividade usuário-recurso-digital até alcançar um certo

¹ No que refere à primeira etapa da modelagem, a 'interação' será considerada como uma fase no processo de identificação e familiarização do fenômeno de estudo, assim definido pela Biembengut (2012). Já com relação à outra, 'interação' e 'interatividade', tema de estudo deste artigo, será considerada como ações que sugerem entre usuário-usuário e usuário-tecnologia, respectivamente. Ambas, são diferentes e utilizadas segundo sua contextualização.

nível. Todos os entendimentos vertidos aqui, segundo as narrativas dos autores, foram observados nas atividades de modelagem situadas/experimentadas em cada uma das produções selecionadas.

Referente à pontuação, consideramos de 1 a 5 pontos para representar em cada uma das etapas de MM essa interatividade alcançada, sendo esse escore o que caracteriza o nível de interatividade nessa etapa. Já a pontuação total será a soma das três parciais obtidas anteriormente.

Na Tabela 2, 'E' significa as 'etapas' da MM e 'PT' os 'pontos'.

Tabela 2 - Produção de dados segundo aplicação das categorias de interatividade nas atividades de modelagem

TE-1: Araújo (2002)		
Produção: Cálculo, tecnologias e modelagem matemática: As discussões dos alunos		
E.	ELEMENTOS UTILIZADOS PARA PONTUAÇÃO	PT
Interação	Embora a autora considere importante utilizar a internet como meio para entender fatos ou questionamentos, isso não foi decisivo na hora de contextualizar o problema de estudo. Ainda alguns grupos já estavam com os dados prontos e o <i>Microsoft Excel</i> somente foi usado para organizar a tarefa pré-estabelecida.	2
Matematização	Nesta etapa, o <i>Microsoft Excel</i> e o <i>Maple</i> auxiliaram no processo de criação do modelo matemático, tanto na organização dos dados quanto na construção de gráficos, experimentando-se conhecimento e habilidades técnicas. Com a criação de ambientes interativos, a intervenção tecnológica possibilitou alternativas de solução para o problema (ex. na criação de modelos e hipóteses). No entanto, isso não provocou reflexões nos alunos quanto às possibilidades do uso dos <i>softwares</i> .	3
Modelo Mat.	O <i>Maple</i> e o <i>Microsoft Excel</i> serviram para validar os processos lógicos matemáticos e para encontrar diversidades de respostas ao tema em questão. A competência das habilidades tecnológicas dos usuários com as funções do <i>Maple</i> , auxiliaram no confrontamento dos dados 'imaginários' versus dados 'reais' por meio dos gráficos. Em diversos momentos, surgiu o diálogo entre usuários e as TDs. Criatividade, o interesse pelo uso das TDs apresentou-se em duas características que produziram novas experiências, as tecnológicas e as cognitivas, assim descritas metaforicamente pela autora "seres-humanos-com-mídias".	4
		TOTAL 9
TE-2: Javaroni (2007)		
Produção: Abordagem geométrica: possibilidades para o ensino e aprendizagem de Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias.		
E.	CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDs	PT
Interação	Na contextualização do tema de estudo, foram utilizados o editor de vídeos <i>Camtasia</i> como instrumento de coleta de dados e <i>Microsoft Word</i> e <i>Excel</i> para as anotações de campo e organização de dados. Por sua vez, o <i>Maple</i> e <i>WinPlot</i> serviram tanto para o desenvolvimento das habilidades tecnológicas-cognitivas dos usuários quanto para corroborar os dados obtidos inicialmente com mídias físicas (papel e lápis). Observou-se também que, os usuários intervieram no desenvolvimento da atividade ao apresentar modelos particulares feitos com uso do <i>WinPlot</i> , bem como o diálogo entre os participantes ficou mais intenso.	4
M _a		4

Aqui, os mesmos programas (<i>Microsoft Excel</i> , <i>Maple</i>) propiciaram a abordagem para a criação do modelo matemático. Nesses episódios, as TDs se mostram como meios de comunicação e simulação de modelos, ao passo que se ampliam as experiências de diálogo entre os usuários. O <i>WinPlot</i> possibilitou algumas mudanças em relação às atividades de modelagem, assim, o aluno teve maior desenvoltura sobre estas.		
Modelo Mat.	Além da construção de significados para o problema por meio das TDs, o <i>Microsoft Excel</i> foi utilizado para validar as respostas obtidas no processo anterior. Já o <i>WinPlot</i> e o <i>Maple</i> , consideradas como 'tecnologias da inteligência', auxiliaram na validação e interpretação dos gráficos algébricos evidenciando a geração de novos conhecimentos (construção de conhecimento). Nessa etapa, a criticidade e reflexividade nos alunos foi favorecida quando se considerou o <i>Camtasia</i> como uma das TDs relevantes ao processo de modelagem, pois além de armazenar dados e informações gravadas, possibilitou o 'feedback' oportuno por meio dos áudios e vídeos gravados.	5
TOTAL		13
DI-1: Diniz (2007)		
Produção: O Papel das TIC's nos Projetos de Modelagem Matemática.		
E.	CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDs	PT
Interação	Em diversos momentos surgem algumas aproximações com as TDs, assim, a Internet foi utilizada para reconhecer o tema de estudo, como também, as câmeras filmadoras e gravadores de voz fizeram a parte da familiarização. Observou-se que a tecnologia foi utilizada tanto como um meio de informação quanto como uma mídia para completar tarefas definidas pelo professor.	2
Matematização	O uso do laboratório como ambiente interativo, não só facilitou a comunicação entre os usuários através do e-mail, senão também, a criação do modelo matemático com uso do <i>Microsoft Word</i> , <i>Excel</i> e <i>WinPlot</i> . Todos esses favoreceram o desenvolvimento de habilidades técnicas e a reorganização do pensamento do usuário.	3
Modelo Mat.	De maneira construtiva-investigativa, novamente, o <i>Microsoft Excel</i> e <i>WinPlot</i> auxiliaram com a validação dos modelos matemáticos. Já, nas apresentações grupais com uso do <i>Microsoft Power Point</i> e recopilação das gravações de áudio foi fácil interpretar os modelos criados, assim como explorar os novos conhecimentos.	3
TOTAL		8
TE-3: Malheiros (2008)		
Produção: Educação Matemática Online: A elaboração de projetos de modelagem.		
E.	CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDs	PT
Interação	A internet foi utilizada para descrever o contexto a ser estudado. Desse modo, o e-mail e o MSN, pertencentes ao ambiente virtual de aprendizagem TIDIA-Ae, possibilitaram a construção de ambientes interativos que foram empregados tanto para envio de dados e informações como para realizar comunicações virtuais entre os usuários. Também foram realizados encontros por meio dos <i>chats</i> , onde foram formuladas algumas hipóteses sobre o tema.	3
Matematização	Aqui foram utilizados o fórum hipertexto, o <i>Microsoft Word</i> e <i>Excel</i> para criar o modelo. Nessa etapa, houve a geração de ambientes interativos que possibilitaram a formulação e construção de modelos e hipóteses. Adicionalmente, a câmera fotográfica digital configurou o passo a passo das atividades de modelagem.	3
Modelo Mat.	No processo de interpretar e validar as soluções encontradas (novo conhecimento), as TDs utilizadas em ambientes interativos colaboram, no caso do <i>Microsoft Word</i> , a confrontar as anotações iniciais com os resultados obtidos. Por sua vez, o <i>Microsoft Excel</i> auxiliou na revalidação do modelo e as hipóteses segundo as variáveis que apresentaram gráficos com as funções polinomiais encontradas.	3

		TOTAL	9
TE-4: Vecchia (2012)			
Produção: A Modelagem Matemática e a realidade do mundo cibernético			
E.	CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDs		PT
Interação	Na contextualização do tema, o uso da Internet auxiliou aos usuários na busca de diversas informações. Do mesmo modo, percebeu-se uma interação com o programa <i>Camtasia</i> sendo utilizado tanto para gravar o passo a passo dos projetos quanto para interpretar e refletir sobre a contextualização do tema. No entanto, o usuário pouco interagiu com as TDs (existe maior individualismo).	2	
Matematização	Os programas <i>Scratch</i> e o <i>AutoDesck 3D</i> colaboraram nessa etapa. A falta de habilidade na manipulação da tecnologia trouxe problemas no desenvolvimento do projeto. Além disso, os tropeços no planejamento e a falta de estrutura digital (sites que não funcionaram corretamente) resultaram em um desenvolvimento pouco ousado pelas duplas de trabalho.	2	
Modelo Mat.	Nessa etapa, a tecnologia foi caracterizada como colaboradora nas atividades, visto que sem ela o projeto não se desenvolveria da mesma maneira como foi. O <i>Camtasia</i> e o <i>Scratch</i> auxiliaram na validação e interpretação do modelo apresentado (jogo digital). No entanto, o autor afirma que ainda faltou desenvolver as habilidades técnicas dos participantes, assim como a interatividade entre os usuários e o uso das TDs escolhidas pelo professor.	2	
		TOTAL	6
TE-5: Soares (2012)			
Produção: Uma Abordagem Pedagógica Baseada na Análise de Modelos para Alunos de Biologia: qual o papel do software?			
E.	CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDs		PT
Interação	Durante todo o processo de modelagem, a internet foi utilizada como fonte de dados e informações, além de facilitar a criação de alguns protótipos simples sobre o tema de estudo (exemplos práticos). Por sua vez, as gravações feitas com uso do <i>Camtasia</i> auxiliaram nas atividades de contextualização, mostrando o início de uma reciprocidade entre o usuário e as TDs.	2	
Matematização	O <i>Microsoft Excel</i> auxiliou com a manipulação dos dados e o desenvolvimento das habilidades tecnológicas e cognitivas dos usuários, sendo observado um diálogo mais intenso entre os usuários. Já com o programa <i>Modellus</i> foi evidenciada a parte visual (gráficos 2 e 3D) que colaborou com a criação do modelo matemático. Ambos os programas, e inclusive o <i>PowerSim</i> (programa simulador), permitiram aos usuários experimentarem novas possibilidades de interação entre MM e TDs.	4	
Modelo Mat.	Os programas <i>Microsoft Excel</i> , <i>Modellus</i> e <i>OpenOffice</i> auxiliaram na interpretação e validação do modelo matemático mediante as funções encontradas e seus respectivos gráficos. O diálogo, a sinergia e as diferentes reflexões e críticas entre os grupos foram gravadas por meio do programa <i>Camtasia</i> , assim, foi possível evidenciar a construção de significados segundo o modelo matemático.	5	
		TOTAL	11
DI-2: Ferreira (2013)			
Produção: MM e TIC's como ambiente para abordagem do conceito de Função segundo a Educação Matemática Crítica.			
E.	CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDs		PT
Interação	Em ambientes interativos, a Internet e o gravador de áudio foram dois dos programas utilizados para a coleta de dados. Por sua vez, o <i>Microsoft Word</i> e <i>Power Point</i> , disponíveis no site do Google Docs, auxiliam na contextualização do tema e formulação de hipóteses, colaborando com as anotações e compartilhando ideias sobre o questionamento. Com estas TDs conseguiu-se experimentar o nível prévio dos conhecimentos e as habilidades técnicas dos usuários participantes.	3	

Matematizaçã	Utilizando de modo construtivo as TDs, o <i>Microsoft Excel</i> auxiliou na criação do modelo matemático com base nas representações dos gráficos de funções polinomiais, destacando assim, a importância de fazer ponderações e justificar escolhas. Por sua vez, o uso do laboratório e os programas disponíveis propiciaram um cenário interativo-investigativo com propósitos no desenvolvimento do conhecimento e das habilidades técnicas dos usuários.	3
Modelo	O uso do <i>Microsoft Excel</i> e da internet facilitou a validação do modelo matemático. Por sua vez, a colaboração do professor se fez mais intensa, mostrando como o <i>Google Docs</i> auxiliou com a documentação e informações do projeto proposto. Ademais, com as apresentações dos projetos, realizadas com o <i>Microsoft Power Point</i> , os diálogos e as discussões possibilitaram a interpretação e análise dos resultados.	4
TOTAL		10
DI-3: Barsotti (2013)		
Produção: Uso de ferramentas tecnológicas no ensino de física para o ensino médio: MM a partir do software Modellus		
E.	CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDs	PT
Interação	Inicialmente, foram utilizadas tecnologias físicas (papel e lápis) para realizar anotações e aplicar questionários de diagnóstico. Posteriormente, o uso da tecnologia da internet favoreceu a contextualização e familiarização com o tema de estudo, sem mostrar interatividade usuário-recurso-digital.	1
Matematiza.	Aqui, utilizou-se o <i>Modellus</i> , que facilitou o desenvolvimento do modelo matemático, básico e representativo ao tema de pesquisa. Segundo a autora, a mídia serviu para completar uma determinada tarefa. Mas sem provocar muita interação entre os usuários.	2
Modelo Mat.	O programa <i>Modellus</i> não só facilitou o entendimento e interpretação do fato estudado, como também a validação por teste. Não obstante a isso, com a exploração do novo conhecimento, a manipulação de tecnologia em ambientes interativos gerou diversas possibilidades de resultados ao tema proposto, propiciando assim a construção de conhecimento. Esse fato foi constatado nos resultados dos questionários aplicados aos usuários participantes.	3
TOTAL		6
TE-6: Furtado (2014)		
Produção: Avaliação do uso de tecnologias digitais no apoio ao processo de Modelagem Matemática.		
E.	CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDs	PT
Interação	A tecnologia da internet auxiliou na contextualização do tema de estudo. Já o <i>Microsoft Excel</i> colaborou com a organização dos dados coletados ao mesmo tempo gerou alguns pré-modelos que serviram para a própria familiarização. No entanto, existem possibilidades de interatividade, mas que não teve muito desenvolvimento.	2
Matematiz.	Assim, o <i>Microsoft Excel</i> foi utilizado para gerar gráficos com base nas funções polinomiais, configurando assim, o ritmo da aula, que por sua vez, possibilitaram a criação de hipóteses e modelos matemáticos. O desenvolvimento de ambientes interativos deu resposta ao problema, assim como, favoreceu à manipulação das variáveis do <i>Microsoft Excel</i> .	3
Modelo	A internet continua sendo a tecnologia mais utilizada entre todas. Ademais, ao comparar os gráficos apresentados e a realidade estudada confrontou-se a Matemática e seu cotidiano. Para a validação do modelo, foi utilizado, além do <i>Microsoft Excel</i> , o programa <i>GraphEquation</i> que apresentou outras soluções como possibilidades de entendimento, manifestando-se o desenvolvimento da criticidade e	5

reflexividade dos grupos participantes. Segundo o autor, o uso das TDs em tarefas de modelagem favorece a construção do novo conhecimento e a realização do <i>feedback</i> .		
TOTAL		10
DI-4: Mastrela (2014)		
Produção: Modelagem Matemática e as tecnologias da informação e comunicação no processo ensino-aprendizagem.		
E.	CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDs	PT
Interação	A contextualização iniciou-se com o uso tanto da tecnologia física quanto da TD. Para o primeiro, foram utilizados questionários, entrevistas, pesquisa bibliográfica, vídeos e diálogos entre os envolvidos. Já para a segunda, a internet possibilitou a interpretação do contexto situacional de acordo com o tema de estudo. Para tanto, não foi observada interatividade alguma entre usuários e as TDs.	1
Matematiz.	Já no laboratório de informática, a tecnologia do <i>Microsoft Excel</i> eventualmente auxiliou na organização dos dados coletados. Por sua vez, a plotagem das funções polinomiais reproduziu compreensões já esperadas, possibilitando, assim, um modelo matemático e uma única solução. Mesmo assim, os usuários apresentaram pouca interação com as TDs escolhidas pelo professor.	2
Modelo	As planilhas eletrônicas auxiliaram na hora de corroborar os modelos matemáticos criados inicialmente com tecnologias físicas (lápiz e papel). Construtivamente, a Internet, as filmagens (gravações de áudio e vídeo) e o próprio <i>Microsoft Excel</i> foram utilizadas para a validação dos modelos e hipóteses apresentadas, mas sem ter influência sobre o desenvolvimento da atividade.	3
TOTAL		6
DI-5: Schütz (2015)		
Produção: Modelagem Matemática e recursos tecnológicos: uma experiência em um curso de formação inicial de professores.		
CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDS		PT
Inter	Além dos instrumentos de coleta de dados, como observações, relatórios, questionários e entrevistas, foi utilizada a tecnologia da internet, que facilitou a contextualização do tema. Não foi observada nenhuma outra atividade com TDs.	1
Matematização	Uma vez definido o tema de estudo, utilizaram-se para a criação de gráficos o <i>GeoGebra</i> , <i>VCN</i> e <i>CurveExpert</i> , os quais exemplificam e auxiliam, junto às suas ferramentas, a criação do modelo matemático. Entretanto, o desenvolvimento do diálogo entre os usuários e as tecnologias se deu majoritariamente ao utilizar o <i>GeoGebra</i> , que serviu tanto para plotar os gráficos das funções matemáticas quanto para realizar cálculos necessários. Ao todo, foi possível 'dialogar' e realizar análises e julgamentos dos resultados obtidos.	4
Modelo Mat.	A criação de cenários tecnológicos proporcionou diversas críticas e reflexões entre os usuários. Assim, o <i>VCN</i> e o <i>CurveExpert</i> novamente foram utilizados dessa vez para validar os testes e interpretar os modelos matemáticos. Nesse avanço de interatividade, a TD do <i>LibreCalc</i> participou na construção de planilhas eletrônicas, o <i>CurveExpert</i> para as interpolações polinomiais e o <i>VCN</i> como apoio teórico-prático e <i>feedback</i> . Ao todo, cada TDs utilizada serviu para a reconstrução de significados bem como compartilhamentos do novo conhecimento aprendido.	5
TOTAL		10
DI-6: Menezes (2016)		
Produção: O uso de tecnologias digitais no desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática.		
E.	CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDs	PT

Interação	Nessa etapa, foram utilizadas tanto as tecnologias físicas (gravadores de áudio) quanto as digitais por meio de informações extraídas da internet. Ambas facilitaram a contextualização do tema de estudo. Além disso, o <i>Microsoft Word</i> auxiliou com as anotações e as descrições dos fatos. Por enquanto, teve pouco desenvolvimento de interatividade.	2
Matematização	Em ambientes interativos, o <i>Microsoft Excel</i> e a internet auxiliaram na elaboração do modelo matemático. Já de maneira construtiva, o uso das planilhas eletrônicas permitiu organizar e plotar funções matemáticas, assim como realizar cálculos do próprio questionamento. Segundo descrito na dissertação, as TDs possibilitaram a criação de quadros comparativos e formularam modelos e hipóteses que auxiliaram na hora de concretizar o novo conhecimento.	3
Modelo Mat.	Nessa etapa, a internet serviu para corroborar dados e informações relevantes. Já a criação de cenários investigativos possibilitou que o <i>Microsoft Excel</i> colaborasse com a validação do modelo por meio da plotagem de funções matemáticas. Por sua vez, o surgimento do diálogo interativo entre a Matemática e a Física favoreceu o desenvolvimento de habilidades tecnológicas e cognitivas dos usuários. Esse fato foi evidenciado com a criação de gráficos estatísticos 2 e 3D, permitindo que as TDs tivessem maior desenvoltura e influência sobre o decorrer das atividades de modelagem.	4
TOTAL		9
DI-7: Costa (2016)		
Produção: O ensino de funções exponenciais: uma proposta alternativa por meio da contextualização, modelagem matemática e recursos tecnológicos.		
E.	CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDs	PT
Interação	Para contextualizar e interpretar o tema de estudo, foi utilizada a internet como mídia informativa. O uso do programa <i>Livre Calc</i> também auxiliou na coleta de dados, que verificou o seu comportamento. Ao todo, não se manifestaram interações de correspondência biunívoca entre usuário e tecnologia.	1
Matematiz.	Para a formulação do modelo matemático, foram utilizados programas como <i>GeoGebra</i> e <i>Office Calc</i> , os quais, por sua vez, auxiliaram na organização e na diversificação de resultados. Dessa forma, dentro dos ambientes interativos, o autor confronta os modelos matemáticos criados e os resultados reais de um modo construtivo, formulando suas hipóteses e possibilidades de respostas. Constatou-se que o uso das TDs configurou o ritmo da aula.	3
Modelo	No que refere às demonstrações matemáticas, o <i>LibreOffice</i> formalizou o modelo matemático assim como sua validação. De modo construtivo, o <i>GeoGebra</i> serviu para desenvolver tanto habilidades tecnológicas e cognitivas quanto para interpretar cálculos matemáticos ocorridos dentro de ambientes interativos, favorecendo, assim, a exploração do novo conhecimento.	3
TOTAL		7
DI-8: Carvalho (2018)		
Produção: Introdução à programação de computadores por meio de uma tarefa de modelagem matemática na Educação Matemática.		
E.	CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDs	PT
Interação	Como mídia interativa, foi utilizada a tecnologia da internet para esboçar teoricamente características do tema de estudo. Por sua vez, o <i>Google Map</i> foi uma ferramenta que permite visualizar mapas e ruas como parte da contextualização e entendimento do tema. Com relação ao diálogo, foi uma característica repetida entre os usuários e os elementos tecnológicos, favorecendo o desenvolvimento de habilidades da lógica de programação e utilizando o programa <i>Blockly Games</i> e o <i>Scratch</i> . Ambos os programas serviram para criar modelos básicos (protótipos) como exemplos iniciais de uma programação computadorizada, sendo que algumas vezes esses influenciaram no decorrer das atividades.	4
Matematiz.	Segundo a autora, e com uma postura dialógica, foi utilizado o <i>Scratch</i> para criar os modelos matemáticos de acordo a cada tema de estudo. Assim, a influência das TDs sobre as atividades de modelagem aconteceu com o uso do <i>Google Map</i> , <i>Blockly Games</i> e incluso do programa <i>Paint</i> , ferramentas de apoio	4

	e desenvolvimento tecnológico. No menos interessante, a colaboração do professor se fez mais intensa e atenciosa no decorrer das atividades.	
Modelo Mat.	Com os resultados obtidos, segundo a aplicação do modelo matemático, conseguiu-se validar o modelo matemático, sendo utilizadas duas tecnologias, o <i>ScreenCastify</i> (gravador de vídeo) e o <i>Scratch</i> (desenvolvedor de modelos game). Embora a colaboração do professor seja mais intensa, o <i>Google Map</i> e o <i>StreetView</i> novamente facilitaram a interpretação dos resultados frente uma realidade física. Assim, os usuários influenciam de forma gradual as atividades de modelagem em virtude ao desenvolvimento do pensamento computacional.	4
TOTAL		12
DI-9: Silva, A. D. P. (2019)		
Produção: Modelagem Matemática e Tecnologias Digitais para o ensino e aprendizagem de conceitos Matemáticos.		
E.	CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDs	PT
Interação	A internet e o uso de <i>slides</i> informativos foram as primeiras tecnologias a serem utilizadas na contextualização e na coleta de dados do tema abordado. Um aspecto relevante, mas não determinante, foi o uso de vídeos informativos, questionários, livros didáticos e entrevistas utilizadas como tecnologias físicas. Em todo esse processo, não se observou interatividade.	1
Matematização	Para a formulação do problema, foi utilizado, principalmente, o programa <i>GeoGebra</i> ; como tal, foram criados os modelos testes que ajudaram a solucionar o questionamento inicial. Já no cenário dialógico, os programas <i>Phet Interactive</i> , <i>Simulations</i> e <i>Kahoot</i> auxiliaram na comunicação entre a tecnologia e os usuários, favorecendo uma maior desenvoltura e influência sobre o desenvolvimento da atividade. Um exemplo disso foi o envolvimento com o <i>GeoGebra</i> , tanto que os alunos conseguiram desenvolver suas habilidades tecnológicas e cognitivas.	4
Modelo Mat.	Para a validação do modelo matemático foi utilizado o programa <i>GeoGebra</i> e nas interpretações comparativas auxiliaram dois programas, o <i>Kahoot</i> e <i>Phet</i> . Ambos desenvolveram um 'diálogo' com os usuários participantes. Por sua vez, a influência dos alunos sobre as atividades foi um processo comum na hora de validar e desenvolver habilidades tecnológicas e cognitivas.	4
TOTAL		9
DI-10: Silva, C. A. (2019)		
Produção: Modelagem e tecnologia: Alternativas metodológicas para a educação matemática.		
E.	CARACTERÍSTICAS QUANTO À INTERAÇÃO COM TDs	PT
Interação	Nos laboratórios de informática e com o uso da internet, foi possível selecionar e contextualizar o tema de estudo. Por sua vez, divulgar imagens, filmes, atividades por meio do <i>wi-fi</i> e da <i>web</i> foi relevante para sua interpretação. No entanto, não se observou interatividade usuário-recurso-digital.	1
Matematização	Com a ideia de trabalhar o conceito geométrico, foi utilizado o <i>GeoGebra</i> para calcular a área de uma superfície. Para tal, a princípio a TD auxiliou na criação de gráficos geométricos em formato 2D, evidenciando alguns modelos matemáticos que serviram como solução ao questionamento. Em decorrência disso, observou-se que a TD foi utilizada só para completar algumas tarefas pré-estabelecidas pelo professor.	2

Modelo Mat.	Na validação do modelo matemático, criativamente, foram construídos alguns modelos e hipóteses utilizando o <i>GeoGebra</i> , pois esse processo ajudou a evidenciar interpretações vindas do novo conhecimento. Para a autora, a criação de ambientes interativos e o uso de <i>softwares</i> livres possibilitaram ressignificar diferentes entendimentos sobre o processo de ensino.	3
TOTAL		6

Fonte: Os autores.

Com base nos resultados obtidos, podemos reorganizar as 16 pesquisas agrupando-as em três níveis de interatividade propostas por Oliveira (2012). Para esse caso, consideramos a pontuação final de cada pesquisa, conforme a Tabela 2.

Classificação em Níveis de Interatividade segundo Oliveira (2012)

De acordo com Oliveira (2012), há três níveis de interatividade que classificam qualitativamente as características do uso tecnológico pelos usuários. Com base nesse referencial, adotamos a mesma classificação, porém, adaptando-a às etapas da MM consideradas neste trabalho. Para uma melhor organização e interpretação dos dados obtidos, propomos três intervalos: nível alto (intervalo [11; 15]); nível médio (intervalo [7; 10]) e nível baixo de interatividade (intervalo [3; 6]).

Com essas referências e com o objetivo de facilitar o entendimento no que se refere à análise e à interpretação dos resultados, a Tabela 3, esboçada com base na Tabela 2, resume os três níveis de interatividade, as três etapas da modelagem e seus respectivos valores referentes às 16 pesquisas selecionadas:

Tabela 3 - Classificação em três níveis de interatividade, segundo as pontuações por etapa

No.	Nível	Código	Pesquisas Acadêmicas	Etapas da MM			Total
				Interação	Matematização	Modelo Matemático	
1	Alta Interatividade	TE-2	Javaroni (2007)	4	4	5	13
2		DI-8	Carvalho (2018)	4	4	4	12
3		TE-5	Soares (2012)	2	4	5	11
4	Média Interatividade	TE-6	Furtado (2014)	2	3	5	10
5		DI-5	Schütz (2015)	1	4	5	10
6		DI-2	Ferreira (2013)	3	3	4	10
7		TE-1	Araújo (2002)	2	3	4	9

8		DI-6	Menezes (2016)	2	3	4	9
9		DI-9	Silva, A. D. P. (2019)	1	4	4	9
10		TE-3	Malheiros (2008)	3	3	3	9
11		DI-1	Diniz (2007)	2	3	3	8
12		DI-7	Costa (2016)	1	3	3	7
13		TE-4	Vecchia (2012)	2	2	2	6
14	Baixa Interatividade	DI-2	Silva, C. A. (2019)	1	2	3	6
15		DI-3	Barsotti (2013)	1	2	3	6
16		DI-4	Mastreia (2014)	1	2	3	6

Fonte: Adaptado de Oliveira (2012).

É importante destacar que a valoração de pontos parciais e totais não tem a intenção de qualificar qualquer dos trabalhos quanto ao seu mérito, mas apontar as diferentes formas de como cada atividade de modelagem foi desenvolvida e recebida por seus usuários no tocante às tecnologias utilizadas.

RESULTADOS

No que se refere aos resultados tanto da pontuação, segundo a categorização da interatividade de Beauchamp e Kennewell (2010), quanto da classificação dos três níveis de interatividade, com base em Oliveira (2012), observamos que poucas pesquisas (4 delas) corresponderam à uma baixa interatividade; nessas, algumas situações externas influenciaram os resultados: (i) dificuldades técnicas ao utilizar o laboratório de computação; (ii) poucas habilidades tecnológicas dos participantes; (iii) falta de comprometimento e responsabilidade dos usuários; e (iv) pouco conhecimento dos temas abordados etc.

Com relação aos trabalhos classificados com média e alta interatividade (9 de média e 3 de alta), identificamos que as pesquisas apresentaram diversos critérios de interatividade, entre estes: (i) comunicação interativa entre os pares e as TDs (alunos, professores e mídia); (ii) criação de cenários investigativos e/ou ambientes adequados para a aplicação tecnológica; (iii) apropriação de habilidades tecnológicas e cognitivas; (iv) compreensão de conceitos matemáticos relacionados a fatos reais (abstração matemática); (v) professores com habilidades pedagógicas e tecnológicas; (vi) construção

de ambientes interativos para a produção de conhecimentos; e (vii) contextualização e familiarização com o meio investigado.

Além desses critérios, também identificamos nas pesquisas, especialmente com pontuações altas, particularidades referentes ao desenvolvimento de competências por parte dos usuários, evidenciando um maior desenvolvimento de certas habilidades, tais como: (i) as tecnológicas, relacionadas à manipulação das TDs, pois, ao observar a facilidade de uso dos *softwares Microsoft Excel e Geogebra*, conseguiu-se desenvolver melhor as tarefas solicitadas pelo professor, aportando outras soluções; (ii) as físicas, associadas às interações com seus pares e à tecnologia em sim; esse engajamento colaborativo favoreceu o trabalho em grupo; e (iii) as conceituais, concernente à construção e à criação do novo conhecimento entorno do fenômeno de estudo. Para Beauchamp e Kennewell (2010), essas três manifestações são consequências do nível de interatividade alcançado.

Ao todo, foi possível perceber alguns critérios que influenciam no desenvolvimento das atividades de MM, aspectos que por si intervêm de uma forma específica na realização das tarefas da modelagem, por exemplo: (i) disponibilizar uma estrutura tecnológica adequada e instalada (laboratório de computação); (ii) usuários ativos e dinâmicos (alunos e professores interessados em desenvolver projetos de modelagem); (iii) objetivos educacionais planejados dentro da programação curricular (que incluem softwares e aplicativos adequados); (iv) proficiência da parte tecnológica e cognitiva (experiências temáticas tanto do professor quanto do aluno); (v) boa seleção do tema a ser questionado (interesse e atenção na investigação); entre outras. Seriam essas algumas condições que oportunizam e proporcionam um ambiente de interatividade íntimo para um cenário de pesquisa, assim como a criação e o compartilhamento de conhecimentos experimentados com a MM, como metodologia/estratégia e as TDs como colaboradoras desse processo.

Finalmente, os resultados demonstram a existência de níveis de interatividade percebidos no desenvolvimento de cada etapa da MM com uso de TDs, evidenciando tanto características (ou critérios de interatividade) que colaboram com o progresso dessa interatividade quanto o desenvolvimento de competências no processo de ensino e de aprendizagem na Educação Matemática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, investigamos que níveis de interatividade entre usuário-recurso-digital nas etapas da MM são atingidos em atividades de modelagem descritas em produções acadêmicas da área de Educação Matemática.

Reflexões mobilizadas revelam a contribuição da tecnologia nas etapas da modelagem, não somente ao potencializar o interesse e atenção dos alunos para o conteúdo abordado, mas também ao aproximá-los do entendimento de uma realidade ou fenômeno de estudo, com auxílio de ferramentas matemáticas e tecnológicas. Consideramos significativo o uso adequado das TDs nas atividades de MM, o que se justifica pelos seus diversos benefícios ao processo educacional observados nas produções acadêmicas selecionadas e analisadas neste artigo com relação à interatividade usuário-recurso-digital.

Consideramos também que este estudo possibilitou aspectos como: (i) aprofundar as pesquisas sobre a interatividade usuário-recurso-digital no âmbito da Educação Matemática; (ii) entender e promover a interatividade e o desenvolvimento de habilidades técnicas, físicas e cognitivas dos alunos participantes; (iii) promover formas de criação do conhecimento e o engajamento com seus pares por meio da MM; (iv) mostrar que a matemática está inserida no cotidiano; (v) compreender que o uso adequado das TDs nas aulas de matemática favorece o processo de ensino e de aprendizagem; entre outros aspectos.

Das referências bibliográficas utilizada neste artigo, as de Beauchamp e Kennewell (2010) e de Oliveira (2012) são muito pertinentes. No que refere às adaptações quantitativas propostas com base nesses autores, o intuito foi oportunizar um melhor entendimento do fato investigado, possibilitando, assim, outros entendimentos já evidenciados sobre a interatividade alcançada segundo os grupos de níveis baixo, médio e alto.

Ao todo, consideramos que o conhecimento aqui vertido sob a interatividade usuário-recurso-digital existente em atividades de MM com TDs, independente das percepções dos autores deste artigo, revela uma concordância sobre a existência de uma

certa interatividade iniciada pelo usuário e caracterizada pela tecnologia, colaborando/influenciando diretamente nas atividades de MM, pelo menos nos 16 trabalhos acadêmicos selecionados.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M. W. de; GOULART, T. C. K. Modos de uso da tecnologia digital em atividades de modelagem matemática. *In: Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática e a escola brasileira: atualidades e perspectivas*, 11., 2019, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte: UFMG: 2019.

ARAÚJO, J. de L. **Cálculo, Tecnologias e Modelagem Matemática**: as discussões dos alunos. 2002. 173f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

BARBOSA, J. C. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. *In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED*, 24., 2001. n. Vila Isabel: ANPED, 2001.

BARSOTTI, D. C. **Uso de Ferramentas Tecnológicas no Ensino de Física para o Ensino Médio**: Modelagem Matemática a partir do software Modellus. 2013. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

BEAUCHAMP, G.; KENNEWELL, S. Interactivity in the classroom and its impact on learning. **Computers & Education**, [s.l.], v. 54, n. 3, p. 759-766, 2010. DOI: 10.1016/j.compedu.2009.09.033.

BIEMBENGUT, M. S. Concepções e tendências de modelagem matemática na Educação Básica. **Tópicos Educacionais**, Recife, v. 18, n.1-2, p. 118-138, jun./dez. 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/6727/672770865007.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023.

BORTOLÁS, N.; VIEIRA, M. L. H. Uma abordagem sobre os conceitos de interatividade e sua relação com o design. **Arcos Design**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 81-101, 2013. DOI: 10.12957/arcosdesign.2013.9996.

BURAK, D. **Modelagem matemática**: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem. 1992. 130f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

CARVALHO, F. J. R. de. **Introdução à programação de computadores por meio de uma tarefa de Modelagem Matemática na Educação Matemática**. 2018. 133f. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, 2018.

COSTA, M. M. **O Ensino de Funções Exponenciais: uma proposta alternativa por meio da contextualização, modelagem matemática e recursos tecnológicos.** 2016. 113f. Dissertação (Mestrado profissional em Matemática) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2016.

DAGNINO, R. **Tecnologia Social: ferramentas para construir outra sociedade.** 2. ed. Campinas, SP: Komedi, 2010.

DINIZ, L. do N. **O Papel das Tecnologias da Informação e Comunicação nos Projetos de Modelagem Matemática.** 207. 118f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

FERREIRA, N. S. **Modelagem Matemática e Tecnologias da Informação e Comunicação como ambiente para abordagem do conceito de Função segundo a Educação Matemática Crítica.** 2013. 243f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) Universidade Federal Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

FURTADO, Alfredo Braga. **Avaliação do uso de Tecnologias Digitais no apoio ao processo de Modelagem Matemática.** 2014. 182f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

GEIGER, V. Factors Affecting Teacher's of Innovative Practices with Technology and Mathematical Modelling. *In: KAISER, G.; BLUM, W.; FERRI, R. B.; STILLMAN, G. (Eds.). Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling (ICTMA 14).* Dordrecht:Springer, 2001. p. 305–314.

HENZ, C. C. **Uso das tecnologias no ensino-aprendizagem da Matemática.** 2008. 29f. Trabalho de Graduação (Graduação em Matemática) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Santo Ângelo, 2008.

JAVARONI, S. L. **Abordagem geométrica: possibilidades para o ensino e aprendizagem de Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias.** 2007. 231f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

JENSEN, J. F. Interactivity: Tracing a new concept in media and communication studies. **Nordicom Review**, [s.l.], v. 19, p. 185–204, 1998. Disponível em: <https://vbn.aau.dk/en/publications/interactivity-tracking-a-new-concept-in-media-and-communication-s>. Acesso em: 18 ago. 2023.

KIOUSIS, S. Interactivity: a concept explication. **New Media & Society**, [s.l.], v. 4, p. 355-383, 2002. DOI: 10.1177/146144480200400303.

MALHEIROS, A. P. dos S. **Educação Matemática online: a elaboração de projetos de Modelagem.** 2008. 187f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

MASTRELA R. **Modelagem Matemática e as Tecnologias Da Informação e Comunicação no processo ensino-aprendizagem.** 2014. 64f. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2014.

MENEZES, R.O. **O uso de tecnologias digitais no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática**. 2016. 156f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

OLIVEIRA, V. N. P. **A influência dos níveis de interatividade no website institucional**. 2012. 172f. Dissertação (Mestre em Design) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SILVA, A. D. P. **Modelagem Matemática e Tecnologias Digitais para o Ensino e Aprendizagem de conceitos matemáticos**. 2019. 119f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Belém, 2019.

SILVA, C. A da. **Modelagem e Tecnologia: Alternativas metodológicas para a Educação Matemática**. 2019. 107f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 2019.

SILVA, C. da.; KATO, L. A.; Quais Elementos Caracterizam uma Atividade de Modelagem Matemática na Perspectiva Sociocrítica? **Bolema, Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, v. 26, n. 43, p. 817-838, ago. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/cnBcrRgqRCLHTDrtXXqyKbv/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 15 ago. 2023.

SUNDAR, S. S. Theorizing Interactivity's Effects. **The Information Society**, [s.l.], v. 20, n. 5, p. 385-389, 2004. DOI: 10.1080/01972240490508072.

SOARES, D. da S. **Uma Abordagem Pedagógica Baseada na Análise de Modelos para Alunos de Biologia: qual o papel do software?** 2012. 341f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

SOUSA, R. P.; MIOTA, F. M. C. S. C.; CARVALHO, A. B. G. **Tecnologias digitais na educação** [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

SCHÜTZ, C. **Modelagem Matemática e Recursos Tecnológicos: uma experiência em um curso de formação inicial de professores**. 2015. 127f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

TRUCCOLO, F.; DENTZ, V. V. Mapeamento de pesquisas sobre o Ensino de Ciências da Natureza (Física, Química e Biologia) nos níveis fundamental e médio. **RTC**, Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 90-99, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/view/973>. Acesso em: 18 ago. 2023.

VECCHIA, R. D. **A modelagem matemática e a realidade do mundo cibernético**. 2012. 275f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2012.

VIEIRA NETO, O. S. de S. **60 Recursos on-line livres que transformam a sala de aula**. 1 ed. Juiz de Fora: Mediação Online, 2017.

Submetido em 11/07/2023.

Aprovado em 27/02/2025.

Direitos autorais das pessoas autoras, 2025. Licenciado sob Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original. Texto da Licença: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

