



O USO DIDÁTICO DO POWERSIM PARA O ENSINO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS DE SEGUNDA ORDEM

Odair José Teixeira da Fonseca¹

GD 06 – Educação Matemática, Tecnologia e Educação à Distância

Resumo: Este trabalho aborda o projeto de pesquisa desenvolvido no doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas, da Universidade do Vale do Taquari – Univates. Tem como objetivo investigar as contribuições do uso didático do POWERSIM para o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias de segunda ordem por meio de atividades investigativas-exploratórias. A metodologia de pesquisa adotada é qualitativa do tipo pesquisa de desenvolvimento, a partir da qual, tem-se elaborado o produto educacional contendo um conjunto de atividades investigativas-exploratórias envolvendo equações diferenciais de segunda ordem com o uso de recurso computacional na perspectiva da Teoria do Uso Didático das Tecnologias Digitais (TUDITEC). A pesquisa encontra-se em fase de desenvolvimento de atividades em sala de aula, ou seja, processo de coleta de dados. A análise dos dados se dará de forma cronológica considerando os desenhos e redesenhos do produto educacional vinculado à tese de doutorado.

Palavras-chave: Equações de Segunda Ordem. Powersim. TUDITEC. Ensino. Abordagem Interpretativa.

INTRODUÇÃO

O conceito de Equações Diferenciais Ordinárias pode ser utilizado para descrever taxas de variações instantâneas. Por exemplo, a evolução de determinada população de insetos pode ser descrita por uma equação de primeira ordem, a aceleração de um objeto está relacionada com uma equação de segunda ordem. Dessa forma, pode-se dizer que a teoria das Equações Diferenciais Ordinárias pode descrever fenômenos biológicos, físicos, econômicos, dentre outros. Portanto, é comum que esse conceito esteja presente nas grades curriculares desses cursos, bem como em cursos de engenharias, em geral.

Considerando a experiência do autor em sala de aula, pode-se observar que os estudantes apresentam dificuldades com relação à compreensão do conceito de Equações

¹ Docente na Universidade Federal de Rondônia - UNIR; Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas (PPGECE); UNIVATES; e-mail: odair.fonseca@universo.univates.br; orientadora: Maria Madalena Dullius.

Diferenciais Ordinárias. Esta constatação está de acordo com a investigação de Rasmussen (2001), na qual o pesquisador busca compreender as dificuldades dos estudantes relacionadas ao ensino de equações diferenciais. Uma das dificuldades apresentadas pelos estudantes está no fato de que a solução de uma equação diferencial resulta em uma função ao invés de um número (Rasmussen, 2001). Além disso, os alunos também confundem o significado de quantidade e de taxa de variação da quantidade (Rowland; Jovanoski, 2004; Dullius, 2009). Adicionalmente, a investigação de Dullius (2009) apresenta uma série de dificuldades dos estudantes relacionadas ao ensino e à aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias.

Dessa forma, esses desafios têm motivado investigações nos programas de pós-graduações com o objetivo de compreender as dificuldades dos estudantes e propor abordagens de ensino que possam contribuir com o processo de ensino de Equações Diferenciais. Por exemplo, destacamos as pesquisas de Javaroni (2007), Dullius (2009) e Oliveira (2014), desenvolvidas em suas respectivas teses de doutorado. Ambas as teses mencionadas tinham como foco as equações diferenciais de primeira ordem. Adicionalmente, em nossa investigação preliminar, desenvolvida com o intuito de mapear as produções acadêmicas sobre o ensino de Equações Diferenciais, encontramos também, artigos e dissertações cujos objetos de investigação versavam sobre o tema. A partir da análise dos trabalhos investigados, foi possível constatar que nenhum trabalho tinha sido dedicado a investigar o ensino interpretativo de soluções de Equações Diferenciais Ordinárias de segunda ordem.

Considerando a lacuna de investigações sobre o ensino de Equações de segunda ordem, apresentamos uma proposta de pesquisa, na qual elaboramos um produto educacional contendo um conjunto de atividades investigativas-exploratórias que priorizam uma abordagem interpretativa das soluções de uma Equação Diferencial Ordinária de segunda ordem com a utilização do Powersim², um *software* de licença comercial, também disponível na versão gratuita.

Dessa forma, propomos um projeto de tese, com o seguinte problema de pesquisa:
Como o uso didático do Powersim contribui com o desenvolvimento de atividades

² Disponível em <https://powersim.com/downloads/>

investigativas-exploratórias no ensino de Equações Diferenciais Ordinárias de segunda ordem? A partir do qual definimos como objetivo investigar as contribuições do uso didático do Powersim para o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias de segunda ordem por meio de atividades investigativas-exploratórias.

O projeto de pesquisa está fundamentado na Teoria do Uso Didático das Tecnologias Digitais (Dullius; Quartieri; Neide, 2023) e na Investigação Matemática (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2019), conforme apresentado na próxima seção.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este trabalho versa sobre o projeto de tese que está vinculado a um doutorado profissional. Dessa forma, além da preocupação de escolher o referencial adequado para a pesquisa, também é preciso que o aporte teórico seja base para a elaboração do produto educacional, item obrigatório nos programas de pós-graduação profissionais. Considerando as características do projeto, utilizamos um referencial teórico que contemple uma teoria voltada para o ensino de matemática e uma sobre recursos computacionais no ensino de ciências e matemática. Assim, nesta seção, apresentamos a Teoria do Uso Didático das Tecnologias Digitais e a Investigação Matemática.

Recursos digitais na Educação Matemática

O desenvolvimento tecnológico tem ocorrido de forma tão rápida que os recursos digitais têm se tornado uma realidade na vida das pessoas e, naturalmente, no ambiente escolar. No entanto, ainda existem muitas dúvidas sobre como conciliar o uso das tecnologias digitais com atividades de ensino, de maneira eficiente, que seja capaz de impactar positivamente no processo de construção do conhecimento. Neste sentido, Dullius Quartieri e Neide (2023) alertam que, se faz necessário desenvolver muita pesquisa para garantir o avanço significativo das tecnologias digitais no sistema educacional. Segundo os autores, “tais tecnologias provocam impasse para a educação, que apresenta dificuldade para acompanhar tal desenvolvimento, enquanto os estudantes são cada vez mais seus usuários fora da escola” (p. 11). A questão é muito mais sutil. De fato, a simples inserção de recursos digitais em salas de aula, por si só, não é suficiente para contribuir com um ensino de melhor



XXVIII Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática
Tema: Educação Matemática e a formação de cidadãos do mundo.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), campus central, Natal-RN.
16, 17 e 18 de outubro de 2024 - presencial.

qualidade. Nessa perspectiva, é preciso que os professores repensem sua prática docente, pois:

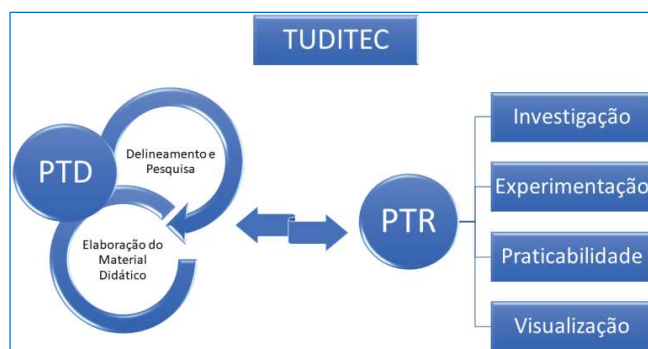
Temos de integrar a tecnologia de uma forma que não só permite que os estudantes façam coisas “velhas” de novas maneiras, mas permitir que nossos estudantes façam coisas novas, de novas maneiras. Para que a tecnologia tenha efeito positivo no aprendizado, o professor primeiro precisa mudar o jeito de ministrar aula (Dullius; Quartieri, Neide, 2023, p. 11).

Nesse sentido, a primeira dificuldade a ser superada está relacionada com a percepção do professor quanto ao uso das tecnologias digitais em sala de aula. Antes de tudo é imprescindível que o docente tenha consciência clara dos objetivos a serem alcançados com o uso de tais recursos e, para isso, é preciso “refletir sobre a metodologia de ensino que se pretende utilizar e os conceitos que se pretende abordar” (Dullius; Quartieri; Neide, 2023, p. 12). Nessa perspectiva, os autores buscam delinear os aspectos que possam caracterizar o bom uso de recursos digitais em aulas de Ciências e Matemática. Com isso, constroem a Teoria do Uso Didático das Tecnologias Digitais (TUDITEC). Essencialmente,

A TUDITEC pode ser compreendida por dois conceitos-chave principais: o Planejamento Tecnológico Didático (PTD) e as Propriedades Tecnológicas Relevantes (PTR). O PTD é demarcado por duas etapas, o “Delineamento e a Pesquisa”, sendo a segunda a “Elaboração do Material Didático” (Dullius; Quartieri; Neide, 2023, p. 17).

Segundo os autores, no delineamento e pesquisa busca-se responder à pergunta ‘O quê?’ Por sua vez, a elaboração de material didático é norteadada pela questão ‘Como?’. Isto é, devem orientar o planejamento indicando o quê e como ensinar. Quanto às PTR, estas são constituídas pelas propriedades da investigação, da experimentação, da praticabilidade e da visualização (Dullius; Quartieri; Neide, 2023). É importante destacar que a construção teórica da TUDITEC pressupõe que os dois conceitos-chave não ocorram de maneira independente. Ou seja, o PTD deve ser desenvolvido considerando as propriedades que compõem as PTR. Além disso, não se exige que as quatro propriedades sejam contempladas simultaneamente. Na Figura 1, apresentamos o diagrama com a representação da TUDITEC.

Figura 1: Diagrama com representação da TUDITEC.



Fonte: Dullius, Quartieri e Neide (2023, p. 18).

Na Figura 1, observe que, o PTD e as PTR se relacionam de forma não linear, indicando que o processo de elaboração do material didático pode, e talvez deve, passar por estágios de desenhos e redesenhos, de forma que este refinamento forneça um material que contemple uma ou mais propriedade tecnológica relevante, “até que se manifeste uma produção que seja holística e consiga dialogar com os elementos da TUDITEC” (Dullius; Quartieri; Neide, 2023, p. 17). Outro fator importante consiste na escolha do recurso a ser utilizada, essa escolha deve ocorrer durante o delineamento, de forma que, o material didático seja estruturado conforme as características do aplicativo que se pretende usar. Além disso, “ao elencar um recurso computacional, o professor pode explorar esse recurso sem a preocupação de entender como tudo nele funciona. Ainda pode procurar tutoriais, vídeos, exemplos e materiais de apoio para ajudar a entender o funcionamento do recurso computacional” (Dullius; Quartieri; Neide, 2023, p. 20). Quanto às quatro Propriedades Tecnológicas Relevantes, os autores as definem da seguinte forma:

Investigação: Evidenciamos essa propriedade quando o material didático apresenta questões indagativas, que contenha problematizações, que possibilite aos alunos desenvolverem hipóteses. Ademais, procura-se que seja possível aos alunos realizar interpretações acerca do conteúdo abordado que possibilitem momentos de reflexão e que os alunos possam argumentar ao desenvolver a atividade.

Experimentação: Essa é uma característica que possibilita ao aluno a realização do processo de “tentativa e erro”, que experimente diversas situações de forma simples e rápida para que possa vivenciar e conhecer sobre o tema abordado. Que possa viabilizar ao aluno realizar simulações para explorar a situação de várias formas, assim como analisar no que impactam a mudança dos parâmetros e variáveis do sistema. Ao final, deve ser possível ao aluno comparar situações distintas de forma a possibilitar conjecturas sobre o conteúdo abordado.

Praticabilidade: Essa propriedade é contemplada quando percebemos que ao utilizar o material didático se consegue evoluir mais rapidamente quando

comparado com a utilização de outros recursos que não são digitais. É predominantemente marcada pela agilidade dos alunos em realizarem as atividades propostas e o protagonismo destes, privilegiando a autonomia.

Visualização: Essa propriedade é contemplada quando possibilita visualizar um objeto ou sistema sob um ângulo ou perspectiva que seria impossível na situação real, assim como a realização de visualizações representativas. Confere versatilidade quando é possível escolher sob qual perspectiva se deseja observar o sistema, sendo que alguns recursos ainda permitem deslocar a perspectiva em tempo real. Outro aspecto importante a ressaltar que contribui para a aprendizagem dos alunos é o conceito de “múltiplas representações” (Dullius; Quartieri; Neide, 2023, pp. 22-23).

A construção teórica da TUDITEC tem como pressuposto que o material didático elaborado deve contemplar uma ou mais propriedades. Mais precisamente, “podem ser contempladas todas as propriedades ou apenas uma e, em diferente grau ou aprofundamento, tudo depende do objetivo da proposta” (Dullius; Quartieri; Neide, 2023, p. 23). Os autores também sugerem que o material deve conter atividades desafiadoras. Nessa perspectiva, propomos como tema da pesquisa de doutoramento, uma investigação sobre o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias de segunda ordem com abordagem interpretativa com o uso didático do Powersim. Quanto à abordagem interpretativa, compreendemos como sendo uma prática de ensino que priorize a interpretação gráfica da solução de uma Equação Diferencial a partir de suas características. Para isso, elaboramos um produto educacional contendo uma sequência de atividades cujo foco consiste na interpretação da solução de forma intuitiva, sem uso de técnicas analíticas para solução de uma equação de segunda ordem. Além disso, as atividades também envolvem a utilização do Powersim, pois consideramos que ele pode contemplar as quatro Propriedades Tecnológicas Relevantes da TUDITEC.

Por fim, Dullius, Quartieri e Neide (2023), apontam três metodologias de ensino de Ciências e Matemática cujas características favorecem o uso didático dos recursos digitais, dentre as quais, destacamos a Investigação Matemática de Ponte, Brocardo e Oliveira (2019), tema que abordaremos na próxima seção.

Investigação Matemática: atividades investigativas-exploratórias

Considerando os pressupostos da TUDITEC, elaboramos o material didático (produto educacional) com uma sequência de atividades investigativas-exploratórias sobre



XXVIII Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática
Tema: Educação Matemática e a formação de cidadãos do mundo.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), campus central, Natal-RN.
16, 17 e 18 de outubro de 2024 - presencial.

Equações Diferenciais Ordinárias de segunda ordem. Segundo Ponte (2005), tarefas investigativas e exploratórias são questões abertas que envolvem maior ou menor grau de desafio, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Tipos de tarefa em termos do grau de desafio e abertura.



Fonte: Ponte (2005, p. 8).

Como a distinção entre atividade investigativa e exploratória está relacionada com o grau de desafio. Adotamos o termo atividades investigativas-exploratórias no sentido de que elas podem assumir ambas as características, quanto ao grau de desafio. Observe que a adoção deste termo encontra sustentação em Ponte (2010, p. 22), segundo o qual, “tarefas exploratórias e investigativas adequadas criam oportunidades para o envolvimento dos alunos na Matemática”. É nesse sentido, que propomos atividades investigativas-exploratórias para o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias de segunda ordem com o uso didático do Powersim.

Essencialmente, a prática de ensino por meio de atividades investigativas-exploratórias está fundamentada na teoria da Investigação Matemática de Ponte, Brocardo e Oliveira (2019). A Investigação Matemática pressupõe a formulação e prova de conjecturas. Dessa forma, “envolve, naturalmente, conceitos, procedimentos e representações matemáticas, mas o que mais fortemente as caracteriza é este estilo de conjectura-teste-demonstração (p. 9-10)”. Além disso, segundo os autores,

Uma atividade de investigação desenvolve-se habitualmente em três fases (numa aula ou conjunto de aulas): (i) introdução da tarefa, em que o professor faz a proposta à turma, oralmente ou por escrito, (ii) realização da investigação, individualmente, aos pares, em pequenos grupos ou com toda a turma, e (iii) discussão dos resultados, em que os alunos relatam aos colegas o trabalho realizado. Essas fases podem ser concretizadas de muitas maneiras (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2019, p. 25).

A apresentação da tarefa busca esclarecer para os estudantes o que se pretende com as questões elaboradas, favorecendo a sua compreensão. Na segunda fase os estudantes são instigados a articular seus conhecimentos para elaborar e testar conjecturas. A última fase é, essencialmente, importante pois é o momento em que os grupos apresentam seus resultados aos demais participantes, isto é, a fase da validação. Nesta fase, se o professor observar que existe algum equívoco conceitual, deve conduzir a discussão de forma que seja corrigido.

Na Investigação Matemática, o professor assume o papel de mediador, os alunos são instigados a conduzir as atividades. Dessa forma, no caso de os estudantes manifestarem dificuldades, o professor deve fornecer pistas que possam ajudar o aluno a explorar a atividade. Além disso, “não devemos esquecer, porém, que a interpretação da tarefa deve ser, ela própria, um dos objetivos dessas aulas, pelo que, gradualmente, deve esperar-se que o aluno a realize autonomamente ou com os seus colegas” (Ponte; Brocardo; Oliveira, 2019, p. 28).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Levando em consideração a problemática e os objetivos da pesquisa, a investigação terá uma abordagem qualitativa, por meio da qual buscamos compreender de maneira ampla e aprofundada o problema investigado. Essencialmente, “conduzimos pesquisa qualitativa porque precisamos de uma compreensão complexa e detalhada da questão” (Creswell, 2014, p. 52). Nesse sentido, as atividades propostas são desenvolvidas em ambientes de sala de aula, interagindo com os sujeitos da pesquisa buscando “compreender os contextos ou ambientes em que os participantes de um estudo abordam um problema ou questão” (Creswell, 2014, p. 52). A compreensão do contexto favorece a interpretação dos significados atribuídos pelos participantes ao fenômeno investigado, um dos aspectos fundamentais da pesquisa qualitativa. “Durante todo o processo de pesquisa qualitativa, os pesquisadores mantêm um foco na captação do significado que os participantes atribuem ao problema ou questão” (Creswell, 2014, p. 51).

Quanto ao tipo pesquisa, apresenta características de uma pesquisa de desenvolvimento, termo apresentado por Barbosa e Oliveira (2015) como sendo a tradução de *design-based research* para o português.



XXVIII Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática
Tema: Educação Matemática e a formação de cidadãos do mundo.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), campus central, Natal-RN.
16, 17 e 18 de outubro de 2024 - presencial.

De maneira geral, podemos dizer que uma pesquisa de desenvolvimento refere-se àquelas investigações que envolvem delineamento, desenvolvimento e avaliação de artefatos para serem utilizados na abordagem de um determinado problema, à medida que se busca compreender/explicar suas características, usos e/ou repercussões. Por delineamento, entendemos a elaboração do artefato em sua primeira versão; o desenvolvimento, por sua vez, refere-se ao processo contínuo de seu refinamento por meio da avaliação sistemática (Barbosa; Oliveira, 2015, p. 527).

Observe que o produto educacional, objeto obrigatório em doutorados profissionais, pode ser caracterizado como o artefato mencionado pelos autores. Portanto, a presente investigação apresenta características de uma pesquisa de desenvolvimento, pois inicialmente delineamos um protótipo do produto educacional que passou por refinamentos até o considerarmos apto para o desenvolvimento em sala de aula. Naturalmente, a fase em que desenvolvemos as atividades com os alunos evidencia o caráter intervencionista desse tipo de pesquisa, conforme Nieveen e Folmer (2013), que definem

Pesquisa em design educacional como a análise sistemática, design e avaliação de intervenções educacionais com o duplo objetivo de gerar soluções baseadas em pesquisa para problemas complexos na prática educacional e avançar nosso conhecimento sobre as características dessas intervenções e os processos de concepção e desenvolvimento delas (Nieveen; Folmer, 2013, p. 153).

Nesse sentido, Barbosa e Oliveira (2015, p. 532) afirmam que “a relação entre entendimento teórico e desenvolvimento de produtos educacionais possui tal articulação que pode ser caracterizada como cíclica”. Este movimento cíclico se dá da seguinte forma:

O ponto de partida é a própria teoria e os resultados de estudos prévios (literatura científica), o qual nomearemos de entendimento E_1 . Este, por sua vez, serve de subsídios para o delineamento de uma versão inicial de um protótipo do produto educacional P_1 , o qual, por sua vez, utilizado e submetido à análise, gera o entendimento E_2 . Na sequência, este último fundamenta o refinamento de P_1 , gerando P_2 , e assim sucessivamente. [...]. Portanto, podemos dizer que a pesquisa de desenvolvimento se envolve no fluxo $E_1 \rightarrow P_1 \rightarrow E_2 \rightarrow P_2 \rightarrow \dots \rightarrow E_{n-1} \rightarrow P_{n-1} \rightarrow \{E_n, P_n\}$ (Barbosa; Oliveira, 2015, p. 532).

No fluxo proposto pelos autores, n representa o número de ciclos realizados durante o desenvolvimento da pesquisa. Esse tipo de investigação deve resultar em dois resultados E_n e P_n (Barbosa; Oliveira, 2015). Ressaltamos que as etapas do fluxo mencionado anteriormente podem ser observadas em nossa investigação, pois inicialmente realizamos uma investigação teórica a partir da qual definimos o tema a ser investigado e o referencial

a ser utilizado como fundamentação gerando o entendimento E_1 , a partir do qual, elaboramos o protótipo do produto educacional P_1 e foi apresentado aos docentes da disciplina “Prática Profissional Docente: Produto Educacional” que foi avaliada gerando o entendimento E_2 , a partir do qual se fez o refinamento gerando P_2 que foi submetida à avaliação/validação por pares produzindo o entendimento E_3 que implicou no refinamento de P_2 originando P_3 . A última versão, foi submetida à banca de qualificação e está sendo desenvolvida em sala de aula e deverá dar origem ao entendimento E_4 que implicará em P_4 , o qual será apresentado à banca de defesa de tese produzindo o entendimento E_5 que finalmente resultará na versão final P_5 que será disponibilizada para o público em geral, em especial, aos professores que ministram aulas de equações diferenciais ordinárias.

Participantes da pesquisa

Os participantes da pesquisa são estudantes da disciplina Tópicos de Matemática II, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas (PPGECE), da Universidade do Vale do Taquari, estudantes da disciplina de Cálculo III, do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Rondônia e, também há a possibilidade de envolver estudantes de uma Universidade de Portugal. As atividades da turma do PPGECE foram desenvolvidas de maneira virtual via Google Meet durante o mês de abril. No curso de Engenharia de Alimentos, as atividades serão desenvolvidas de forma presencial, pois ocorrerão no local de trabalho do pesquisador. A turma de Portugal, caso seja viabilizada, também será desenvolvida de forma virtual.

Instrumentos de coleta e análise dos dados

A coleta de dados é realizada por meio das anotações do professor/pesquisador, materiais contendo o desenvolvimento das atividades entregues aos participantes, captura de tela para permitir observar a modelagem computacional das situações no Powersim e gravações dos encontros virtuais. Os dados coletados serão analisados à luz do referencial teórico apresentado, de forma cronológica e interpretativa, considerando os desenhos e os redesenhos da construção do produto educacional, que será disponibilizado ao público após a conclusão da pesquisa.



XXVIII Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática
Tema: Educação Matemática e a formação de cidadãos do mundo.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), campus central, Natal-RN.
16, 17 e 18 de outubro de 2024 - presencial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, apresentamos o projeto de pesquisa que está sendo desenvolvido no doutorado profissional em Ensino de Ciências Exatas. No qual, propomos uma abordagem interpretativa para o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias de segunda ordem por meio de atividades investigativas-exploratórias com o uso didático do Powersim. Para isso, elaboramos um produto educacional com uma sequência de atividades de caráter investigativo envolvendo o uso do *software* Powersim. A escolha por este recurso computacional se deu pelo motivo dele possuir características que envolvem modelagem computacional por meio de fluxos de níveis.

Acreditamos que o processo de modelagem com o Powersim, por si só, constitua um ambiente importante de aprendizado, pois a construção do diagrama implica a compreensão adequada da Equação Diferencial apresentada em cada atividade, exigindo que o estudante compreenda como os parâmetros interferem na dinâmica representada pela Equação.

Diante do exposto, esperamos que a pesquisa forneça subsídios para consolidar a elaboração do produto educacional sobre o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias de segunda ordem com abordagem interpretativa por meio de atividades investigativas-exploratórias com o uso didático do Powersim. Com isso, esperamos apresentar uma proposta de ensino capaz de contribuir com o ensino de Equações Diferenciais Ordinárias de segunda ordem com o uso didático do Powersim.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. C.; OLIVEIRA, A. M. P. Por que a pesquisa de desenvolvimento na Educação Matemática? **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 8, n. 18, p. 526 - 546, 2015. Disponível em <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/1462>. Acesso em: 12 mai. 2024.
- CRESWELL, J. W. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa**: escolhendo entre cinco abordagens. 3 ed. Porto Alegre: Penso, 2014. E-book.
- DULLIUS, M. M. **Enseñanza y aprendizaje en ecuaciones diferenciales con abordaje gráfico, numérico y analítico**. 2009. 514 f. Tese (Doutorado em Enseñanza de las Ciencias) – Universidad de Burgos, Burgos, 2009.



XXVIII Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática
Tema: Educação Matemática e a formação de cidadãos do mundo.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), campus central, Natal-RN.
16, 17 e 18 de outubro de 2024 - presencial.

DULLIUS, M. M.; QUARTIERI, M. T.; NEIDE, Í. G. Teoria do uso didático das tecnologias digitais – TUDITEC. In: DULLIUS, M. M.; NEIDE, Í. G. (Org.). **Tecnologias digitais no ensino de ciências e matemática**. São Paulo: Livraria da Física, 2023. p. 9-34.

JAVARONI, S. L. **Abordagem geométrica**: possibilidades para o ensino e aprendizagem de Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias. 2007. 230 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2007.

NIEVEEN, N.; FOLMER, E. Formative Evaluation in Educational Design Research. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. (Ed.). **Educational design research - part A**: an introduction. Enschede, the Netherlands: SLO, 2013. p. 153-169.

OLIVEIRA, E. A. de. **Uma engenharia didática para abordar o conceito de equação diferencial em cursos de engenharia**. 2014. 159 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2014.

PONTE, J. P. Explorar e Investigar em Matemática: Uma Actividade Fundamental no Ensino e na Aprendizagem. **Revista Iberoamericana de Educación Matemática**. v. 6, n. 21, pp. 13 - 30, 2010. Disponível em: <http://www.revistaunion.org/index.php/UNION/issue/view/28>. Acesso em: 08 mai. 2024.

PONTE, J. P. Gestão curricular em Matemática. In GTI (Ed.), **O professor e o desenvolvimento curricular** (pp. 11-34). Lisboa: APM, 2005. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/3008/1/05-Ponte_GTI-tarefas-gestao.pdf. Acesso em: 08 mai. 2024.

PONTE, J. P.; BROCARD, J.; OLIVEIRA, H. **Investigações matemáticas na sala de aula**. 4 ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2019.

RASMUSSEN, C. New directions in differential equations A framework for interpreting students' understandings and difficulties. **Journal of Mathematical Behavior**, Elsevier, v. 20, n. 1, p. 55-87, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0732312301000621>. Acesso em: 04 mai. 2024.

ROWLAND, D. R.; JOVANOSKI, Z. Student interpretations of the terms in first-order ordinary differential equations in modelling contexts. **International Journal of Mathematical Educations in Science and Technology**, Londres, v. 35, n. 4, p. 503-516, 2004. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207390410001686607>. Acesso em: 04 mai. 2024.



XXVIII Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática
Tema: Educação Matemática e a formação de cidadãos do mundo.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), campus central, Natal-RN.
16, 17 e 18 de outubro de 2024 - presencial.