

O DESENVOLVIMENTO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM PARA O CONTEXTO DO ENSINO DE CÁLCULO INTEGRAL

Izaias Paula de Jesus¹

GD6 – Educação Matemática, Tecnologias e Educação à Distância.

Resumo: Este trabalho tem por objetivo principal apresentar o arcabouço teórico inicial de uma pesquisa em andamento. Esta pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem (OAs) digitais que possam contribuir para o ensino e aprendizagem de conteúdos do Cálculo Diferencial e Integral, mais especificamente, os conceitos de Integração Indefinida, Definida e Somas de Riemann. Essa pesquisa, de cunho qualitativo, deverá seguir os procedimentos do método *Design Science Research*. Como resultado, espera-se que os OAs desenvolvidos em estreita relação com sala de aula possam auxiliar no ensino e aprendizagem dos conceitos abordados.

Palavras-chave: Educação Matemática. Ensino de Cálculo. Objetos de Aprendizagem.

INTRODUÇÃO

Dentro da produção brasileira que aborda o ensino de matemática no nível superior tem sido notável a verificação nas pesquisas de um fenômeno muitas vezes chamado de “crise do ensino de cálculo”. Essa crise se caracteriza em linhas gerais pela frequente ocorrência de elevados índices de reprovação e evasão nas disciplinas de Cálculo, nos mais variados cursos, regiões e universidades brasileiras (REZENDE, 2003). Na verdade, existem razões para se acreditar que esse seja um problema global e generalizado (TALL, 1994).

Uma vez considerada a importância dessa disciplina, que se encontra inserida dentro do currículo de vários cursos no ensino superior brasileiro, a busca pelo entendimento das raízes dessa crise se torna de suma importância. E, mais do que isso, além da compreensão desse fenômeno, se faz necessária, também, a formulação, rigorosamente embasada, de novas aproximações, estratégias e abordagens que possam superar o atual quadro de insucesso.

Nesse sentido, a pesquisa que se pretende desenvolver possui relevância, uma vez que tem como objetivo principal o desenvolvimento, em consonância com o contexto

¹ Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF; Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática; Mestrado Profissional em Educação Matemática; izaias97@outlook.com; orientador: Prof. Dr. José Maria Nazar David.

tecnológico de mundo atual, de Objetos de Aprendizagem (OAs), entendidos aqui como “[...] qualquer entidade, digital ou não, que pode ser utilizada para aprendizagem, educação e treino” (IEEE, 2002, p. 10, tradução do autor), voltados, mais especificamente, para o conceito de Integração Definida de funções reais de uma variável.

A escolha de OAs para a pesquisa, se justifica, a medida que parece existir na literatura produzida nos programas de pós-graduação brasileiros uma escassez de pesquisas que tratem das contribuições desses recursos para o ensino de Integração.

Visando estreitar as relações teoria-prática, a pesquisa que se propõe desenvolver se orienta a partir do método *Design Science Research*, que é um método de pesquisa que busca “[...] a partir do entendimento do problema, construir e avaliar artefatos que permitam transformar situações, alterando suas condições para estados melhores ou desejáveis (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 67). Com ela, espera-se alcançar o desenvolvimento de OAs que possam contribuir de forma efetiva para o ensino e aprendizagem dos conceitos mencionadas, orientados a partir de uma perspectiva de Aprendizagem Colaborativa Apoiada pelo Computador (CSCL).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ensino de Cálculo

As pesquisas em Educação Matemática têm sido marcadas “[...] por considerável complexidade e diversificação em perspectivas e paradigmas.” (NISS, 2004, p. 37, tradução do autor).

Esta diversificação pode ser ilustrada, por exemplo, ao considerarmos o décimo quarto *International Congress on Mathematical Education (ICME)*, principal evento do campo a nível internacional. Este evento que ocorrerá em 2020 contará com 62 diferentes grupos para o estudo de tópicos específicos de pesquisa. Entre estes, figura o *Teaching and learning of calculus*, onde se insere a pesquisa que se pretende desenvolver e que, como o próprio nome sugere, trata do ensino e aprendizagem de Cálculo. A existência de tal tópico em um evento de amplitude internacional dá suporte à interpretação que as questões pertinentes a ele são, hoje, de preocupação, interesse e relevância global.

De fato, esse parece ser o caso, uma vez que, segundo Tall (1994), as estruturas educacionais, no que se refere ao ensino de Cálculo, variam de país para país. Tanto em seus aspectos curriculares e disciplinares, com as variadas gradações dentro do eixo Cálculo informal-Análise formal, quanto ao nível de ensino em que são abordados estes conteúdos. Apesar dessas peculiaridades tão próprias de cada país, a insatisfação com estes cursos tem se mostrado um fenômeno internacional e generalizado.

O cenário brasileiro parece não ser uma exceção a esse panorama geral. Costa Neto (2017, p. 3), por exemplo, apresenta dados expressivos da Universidade de Brasília (UNB), segundo os quais “[...] desde 2010, no Campus Brasília, exceto no período acadêmico de 2012–1, o índice de reprovação sempre se manteve em patamares acima de 40%.” Os dados da UNB não parecem ser um caso isolado, muito pelo contrário, segundo Barbosa (2004, p. 8), “essa disciplina tem sido responsável por muitas reprovações e evasões de estudantes universitários nas faculdades e universidades de todo o país.”

O Cálculo é frequentemente um componente obrigatório de muitos cursos no ensino superior brasileiro (em especial, nos cursos de Ciências Exatas). Esse fato revela uma crença institucionalizada que a aprendizagem do Cálculo é essencial para o bom exercício de uma vasta gama de profissões no mundo atual. Como resultado, a melhoria do ensino de Cálculo é uma demanda direta para a melhoria do bem-estar nas sociedades brasileiras. Dessa forma, tratar essas questões se torna essencial.

Para Rezende (2003, p. 7), “pode-se dizer simplesmente que o ‘ensino de Cálculo’ está em crise.” Sob a ótica desse panorama desafiador e preocupante, os pesquisadores brasileiros têm se debruçado sobre essas questões (BARRETO, 1995 *apud* REIS, 2001). Essas investigações têm levado a diferentes direções, encaminhamentos e, por consequência, diferentes possibilidades de abordagem para o enfrentamento do problema. Silva e Sousa (2014), por exemplo, apontam para o currículo escolar, ao questionarem a possibilidade de se reinserir o Cálculo no ensino médio, sob a perspectiva de que

A inclusão do Cálculo Diferencial e Integral no Ensino Médio, de forma contextualizada, pode ser uma das formas de se reverter tal quadro. Assim, em longo prazo, os alunos que ingressarem no Ensino Superior, nas disciplinas de Cálculo, terão condições melhores de compreender os conceitos necessários e, então, os índices de não aprovação nessas disciplinas e outras relacionadas, poderão deixar de ser tão altos (SILVA; SOUSA, 2014, p. 8).

Dentro dessa perspectiva, a melhoria do ensino de Cálculo perpassaria por uma reforma do currículo escolar. Essa reforma envolveria, entretanto, muitas questões, tais como: o currículo atual comporta a adição de novos conteúdos? Se não, o que pode ser retirado para a inserção do Cálculo? Quais tópicos do Cálculo seriam inseridos? Qual seria o nível de rigor desejado? E, talvez, a mais provocante delas: Se o Cálculo for abordado em um diferente nível de ensino, mas de forma semelhante ao ensino superior, estariam então a maior parte dos problemas resolvidos? Ou a forma de abordagem também tem peso nesse insucesso?

Em relação a última questão, parece haver evidências que o insucesso no ensino de Cálculo possui dimensões didático-metodológicas. Barbosa (2004) desenvolveu uma pesquisa buscando compreender as principais dificuldades determinantes para o insucesso dos alunos nos cursos de Cálculo Diferencial e Integral I, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e obteve os seguintes resultados:

O que evidenciam os dados levantados pelos questionários aplicados aos alunos é que o ensino de Cálculo I é bastante tradicional: ênfase na repetição de exercícios, predominância de estudo individual e preferências dos alunos por aulas expositivas. A principal dificuldade apresentada pelos alunos é a memorização de fórmulas, provas com questões extensas e difíceis, incompreensão dos métodos de resolução dos exercícios. Os alunos têm consciência das contribuições da disciplina para o desenvolvimento do raciocínio lógico matemático, porém não conseguem perceber a utilização prática da mesma (BARBOSA, 2004, p. 83).

Ainda no cenário de pesquisa, Rezende (2003) propõe que as principais dificuldades enfrentadas na aprendizagem desses conceitos são oriundas de aspectos epistemológicos. Em seu estudo,

Pôde-se perceber, em essência, um único lugar-matriz das dificuldades de aprendizagem [...] do ensino de Cálculo: o da omissão/evitação das idéias básicas e dos problemas construtores do Cálculo no ensino de Matemática em sentido amplo (REZENDE, 2003, p. 420).

Reis (2001), por sua vez, enxerga o fenômeno do insucesso do Cálculo de uma ótica diferente. Em sua perspectiva as dificuldades de ensino de aprendizagem ocorridas nessa disciplina têm raiz numa estrutura tensional e dicotômica entre rigor e intuição. Assim, a construção de uma prática pedagógica que mescle de forma dialógica rigor e intuição pode ser um caminho para a superação dessas dificuldades.

Considerando essas críticas, é razoável pensar que o insucesso do Cálculo não esteja associado apenas a um único fator, muito pelo contrário, parece depender de uma variedade deles, associados aos seguintes aspectos: questões epistemológicas, relação dicotômica entre rigor e intuição, omissões de conceitos referentes ao ensino de Cálculo no ensino médio, entre outros. E, sendo assim, ações isoladas ainda que possam contribuir de alguma forma, dificilmente terão efeitos maiores em relação ao problema posto. Reconhecendo isso, na pesquisa que se pretende desenvolver, que se foca na construção de alternativas didático-metodológicas voltados ao ensino de Cálculo, é importante construir, tendo por base a literatura científica, uma discussão sobre as razões desse insucesso, e suas múltiplas dimensões, visando, em algum nível, uma articulação teórica que possa embasar o desenvolvimento de novas abordagens para o enfrentamento desse panorama de insucesso.

Dentre as pesquisas que abordam as dimensões didático-metodológicas do ensino de Cálculo, por meio de uso de, tem sido reportadas uma série de benefícios, como a promoção de situações que: privilegiem a aprendizagem a partir da intuição (MOURA, 2014), permitam a abstração reflexiva (SILVA, 2017), propiciem a aprendizagem autorregulada, orientada a problemas (PERES, 2009), possibilitem a formulação de conjecturas (SILVEIRA, 2017), entre outras contribuições. Entretanto, na literatura, parece haver uma escassez de trabalhos que abordem o Cálculo Integral, à uma variável. Por consequência, nessa pesquisa, teremos como foco o desenvolvimento de OAs para o ensino da Integração Definida.

As tecnologias no mundo atual

O uso de OAs para a abordagem do Cálculo atende também ao interesse em buscar e propor soluções que estejam em sintonia com o contexto de mundo tecnológico atual. Nessa perspectiva, busca-se promover uma educação que não esteja alheia aos processos de transformação que tem ocorrido na atual sociedade globalizada e que se aproprie cada vez mais dessas tecnologias que têm se inserido de maneira crescente no cotidiano dos indivíduos em geral. Conforme Nicolaci-da-Costa e Pimentel (2012, p. 3), atualmente

Vivenciamos uma revolução social, a Revolução da Internet. Os computadores em rede, desenvolvidos a partir da metade do século passado, rapidamente se disseminaram por todo o sistema social e, desde então, vêm provocando profundas transformações em todos os setores da vida contemporânea. [...] O ser humano do século XXI tem novos comportamentos, novos estilos de ser e agir, lê e escreve de forma diferente, desenvolveu novas formas de pensar e aprender, de se

relacionar com amigos e de amar (NICOLACI-DA-COSTA; PIMENTEL, 2012, p. 3).

Assim, essas tecnologias têm transformado a vida em sociedade de diversas formas e, parecem ir além, ao agirem na transformação do próprio elemento humano. Nesse contexto, para a Educação Matemática em especial, é de interesse compreender os impactos dessas tecnologias sobre os processos de ensino e aprendizagem, uma vez que, segundo Borba, Silva e Gadanidis (2015, p. 17), “as dimensões da inovação tecnológica permitem a exploração e o surgimento de cenários alternativos para a educação e, em especial, para o ensino e aprendizagem de Matemática.”

O uso de tecnologias na Educação Matemática, no presente momento, se encontra em sua quarta fase, a fase das tecnologias digitais (TDs). Dentre as diversas TDs características dessa fase estão os Objetos de Aprendizagem (BORBA; SILVA; GANADINIS, 2015), que terão foco nessa pesquisa.

Os OAs serão desenvolvidos tendo como propósito principal sua utilização a partir de uma perspectiva da aprendizagem colaborativa. Esse tipo de abordagem pedagógica tem sido amplamente defendido por educadores nos mais variados níveis de ensino (CASTRO; MENEZES, 2012). Segundo Castro e Menezes (2012), com o advento das TICs, o uso de tais abordagens tem cada vez mais se mostrado uma alternativa pedagógica interessante:

Os benefícios decorrentes das práticas pedagógicas baseadas na colaboração são inúmeros, dos quais podemos citar: a preparação para a vida em sociedade, o desenvolvimento do espírito crítico e a competência para resolver problemas de grande porte a partir das contribuições individuais (CASTRO; MENEZES, 2012, p. 137).

OBJETIVOS

Essa pesquisa tem como objetivo geral desenvolver OAs rigorosamente embasados na literatura que tem por objeto de estudo o ensino e a aprendizagem do Cálculo I, assim como nos pressupostos da Aprendizagem Colaborativa Apoiada pelo Computador, proposta por Castro e Menezes (2012), que possam contribuir para a efetivação desses processos. Para isso, a pesquisa está estruturada em quatro etapas: (I) compreender, a partir de um Mapeamento Sistemático da Literatura, as dificuldades e desafios apresentadas no ensino e aprendizagem de conceitos do Cálculo I, (II) levantar o estado da arte das pesquisas por meio

do Mapeamento Sistemático da Literatura, que utilizam tecnologias digitais para apoiar o ensino de Cálculo e, como resultado, identificar as lacunas existentes e uma proposta de solução (para onde você irá olhar?), (III) desenvolver, a partir das lacunas encontradas, OAs voltados para os tópicos de Integração Definida (IV) aplicar os OAs desenvolvidos numa turma de Cálculo I, da licenciatura, (V) avaliar os resultados da aplicação e, com base nela, reformular os OAs.

METODOLOGIA

Inicialmente, pretende-se realizar um Mapeamento Sistemático da Literatura (MS), como forma de localizar os trabalhos existentes sobre o uso de OAs no ensino de Cálculo e levantar seu estado da arte. Posteriormente, será feita uma busca nas bases e repositórios de OAs, visando encontrar materiais voltados ao ensino e aprendizagem de tópicos do Cálculo Integral. Os OAs encontrados serão então avaliados e, a partir daí, o método de pesquisa *Design Science Research* será utilizado para o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos OAs.

A metodologia *Design Science Research* “[...] é o método que fundamenta e operacionaliza a condução da pesquisa quando o objetivo a ser alcançado é um artefato ou uma prescrição” (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 67). Nesse caso em específico, os artefatos que se pretende alcançar são os OAs voltados ao ensino de Cálculo.

Esse método de pesquisa busca a produção de produtos, métodos e modelos, e, portanto, possui tendências pragmáticas, sendo um método de pesquisa orientado à resolução de problemas (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). Dada essa natureza, esse método apresenta compatibilidade com a pesquisa em educação, especialmente quando esta trata de aspectos didáticos e metodológicos, uma vez que pode orientar o desenvolvimento de novas abordagens, sequências didáticas e materiais diversos voltados a aprendizagem.

É importante destacar que o desenvolvimento desses itens se dá a partir de uma relação estreita com o âmbito da pesquisa e da produção de conhecimento (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). E, por conta das características citadas,

buscaremos então, através dela, o entendimento e desenvolvimento de alternativas frente as dificuldades pertinentes ao ensino do Cálculo Integral.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, M. A. **O insucesso no ensino e aprendizagem da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral**. 2004. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Educação, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2004.
- BORBA, M. C.; SILVA, R. S. R.; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática: Sala de aula e internet em movimento**. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2015
- CASTRO, A.; MENEZES, C. Sistemas Colaborativos para uma nova sociedade e um novo ser humano. In: PIMENTEL, M.; FUKS, H. (Org.). **Sistemas Colaborativos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 135-153.
- COSTA NETO, A. D. **O ensino e a aprendizagem de Cálculo 1 na Universidade: Entender e Intervir**. 2017. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Matemática, Matemática, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V.. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- IEEE COMPUTER SOCIETY. **IEEE STD 1484.12.1™**: IEEE Standard for Learning Object Metadata. New York: The Institute Of Electrical And Electronics Engineers, Inc., 2002.
- MOURA, D. A. S. **Perspectivas no estudo de Limite: numa perspectiva figural e conceitual – foco em objetos de aprendizagem**. 2014. 145 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
- NICOLACI-DA-COSTA, A. M.; PIMENTEL, M. Aprendizagem colaborativa com suporte computacional. In: PIMENTEL, M.; FUKS, H. (Org.). **Sistemas Colaborativos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 3-15.
- NISS, M. Key issues and trends in research on mathematical education. In: **Proceedings of the ninth international congress on mathematical education**. Springer, Dordrecht, 2004. p. 37-57.
- PERES, G. J. **Um objeto de apoio à aprendizagem autorregulada em problemas de máximo e mínimo ensino de Cálculo**. 2009. 148 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- REIS, F. S. **A tensão entre rigor e intuição no ensino de Cálculo e Análise: A visão de professores-pesquisadores e autores de livros didáticos**. 2001. 302 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

REZENDE, W. M. **O Ensino de Cálculo: Dificuldades de Natureza Epistemológica.** 2003. 468 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, A. J. **Noção de Limites de Funções Reais e GeoGebra: um estudo em Epistemologia Genética.** 2017. 221 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

SILVA, C. R.; SOUSA, K. R. Q. Cálculo: uma proposta possível para o ensino médio. **Revista Panorâmica On-line**, Barra do Garças, v. 17, n. 17, p.81-89, dez. 2014. Semestral.

SILVEIRA, R. F. **Dinamicidade no ensino de Cálculo: uma proposta para taxa de variação de funções reais de uma variável no GeoGebra.** 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2017.

TALL, D. Students' Difficulties in Calculus. In: GAULIN, C. et al (Org.). **Proceedings of the 7th International Congress on Mathematical Education.** Sainte-foy: Les Presses de L'université Laval, 1994. p. 114-119.