

Concepção de Objetos de Aprendizagem com *Feedbacks* para a Autorregulação da Aprendizagem de Conceitos Matemáticos Necessários para o Cálculo Diferencial e Integral

Alex Sandro de Castilho  ^a

André Luis Trevisan  ^a

Diego Marczal  ^b

^a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, Departamento de Matemática, Ponta Grossa, PR, Brasil

^b Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Departamento de Sistemas para Internet, Guarapuava, PR, Brasil

Recebido para publicação 29 mar. 2022. Aceito após revisão 1 set. 2022

Editor designado: Gabriel Loureiro de Lima

RESUMO

Contexto: Devido aos altos índices de reprovação nos cursos de Engenharia, é de fundamental importância buscar alternativas que minimizem as dificuldades que os estudantes ingressantes nas universidades brasileiras apresentam nas disciplinas da área da matemática. Uma alternativa é o uso de Objetos de Aprendizagem (OA) que possibilitem a conscientização dos erros cometidos de modo a incentivar a capacidade de formular hipóteses e resolver situações-problemas, aspectos esses, fundamentais para autorregulação da aprendizagem. **Objetivos:** Apresentar a concepção e a avaliação de um OA com *feedbacks* que possibilitem ao aluno a autorregulação da sua aprendizagem, no que diz respeito aos conceitos de Matemática necessários para o Cálculo Diferencial e Integral. **Design:** A pesquisa está fundamentada na metodologia Design Science Research – DSR e, na primeira etapa, detalhada neste artigo, procurou-se apresentar a relevância do problema e a proposta de design do artefato, bem como uma primeira fase de avaliação desse design. **Ambiente e participantes:** O OA foi submetido a uma avaliação *online* por sete professores de Matemática, e dois pesquisadores da Educação Matemática. **Coleta e análise de dados:** Foi realizada através da transcrição dos vídeos gravados durante a avaliação, via *Google meet*. **Resultados:** Os especialistas apontaram potencialidades na utilização de OA para diagnosticar e remediar/intervir frente aos possíveis erros cometidos por alunos ingressantes no Ensino Superior. **Conclusões:** Após a avaliação o artefato foi reestruturado e melhorado seguindo os apontamentos feitos pelos especialistas. Os próximos passos da pesquisa serão a implementação da versão completa dos OA, com

Autor correspondente: Alex Sandro de Castilho. Email: alexs@utfpr.edu.br

questões que explorem os estratos do conhecimento numérico, algébrico e funcional. Espera-se que, ao término da pesquisa, tenha-se um produto educacional capaz de auxiliar os alunos em suas dificuldades matemáticas em CDI.

Palavras-chave: Objetos de Aprendizagem; *Feedbacks*; Autorregulação da Aprendizagem; Cálculo Diferencial e Integral.

Conception of Learning Objects with Feedback for Self-Regulation of Learning Mathematical Concepts Necessary for Differential and Integral Calculus

ABSTRACT

Background: Due to the high failure rates in Engineering courses, it is of fundamental importance to seek alternatives that minimize the difficulties that students entering Brazilian Universities have in the disciplines of the area of Mathematics. An alternative is the use of Learning Objects (LO) that allow the awareness of mistakes made in order to encourage the ability to formulate hypotheses and solve problem situations, aspects that are fundamental for self-regulation of learning. **Objectives:** To present the conception and evaluation of an LO with feedbacks that allow the student to self-regulate their learning, with regard to the concepts of Mathematics necessary for Differential and Integral Calculus. **Design:** The research is based on the Design Science Research - DSR methodology and, in the first stage, detailed in this article, we sought to present the relevance of the problem and the artifact's design proposal, as well as a first phase of evaluation of this design. **Setting and Participants:** The LO was submitted to an *online* assessment by seven Mathematics teachers and two Mathematics Education researchers. **Data collection and analysis:** It was carried out through the transcription of the videos recorded during the evaluation, via *Google meet*. **Results:** The experts pointed out potentialities in the use of LO to diagnose and remedy/intervene in the face of possible mistakes made by students entering Higher Education. **Conclusions:** After the evaluation, the artifact was restructured and improved following the notes made by the specialists. The next steps of the research will be the implementation of the complete version of the LOs, with questions that explore the strata of numerical, algebraic and functional knowledge. It is expected that, at the end of the research, there will be an educational product capable of helping students with their mathematical difficulties in DIC.

Key words: Learning Objects; Feedback; Learning Self-Regulation; Differential and Integral Calculus.

INTRODUÇÃO

Os problemas relacionados à aprendizagem de conceitos matemáticos da Educação Básica, no caso de alunos que ingressam nos diferentes cursos superiores das áreas de Ciências Exatas (Borges & Moretti, 2016), é um tópico comum em discussões no meio acadêmico, tanto no âmbito nacional quanto

internacional. Em especial, em eventos de Educação Matemática, como o Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática (SIPEM), o Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM), o Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática (EBRAPEM), *Psychology of Mathematics Education* (PME) e *International Congress on Mathematics Education* (ICME), os trabalhos apresentados apontam altos e crescentes índices de reprovações nas disciplinas matemáticas, ocasionando também um número significativo de desistências, especialmente nos cursos de Engenharia, fato que preocupa gestores e professores que ministram aulas nos primeiros períodos dos cursos de graduação (Feitosa et al., 2020; Homa, 2020).

A defasagem de conhecimento de parte dos alunos que ingressam nos cursos de graduação concentra-se principalmente no que se costuma denominar “conteúdos de matemática básica”, sem haver, entretanto, muita clareza ou consenso do que seriam esses “conteúdos” (Menestrina & Moraes, 2012).

Em consonância com os apontamentos de Zarpelon et al. (2017), na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), contexto de trabalho e de pesquisa dos autores, os maiores índices de insucesso, nos cursos de Engenharia, estão presentes nas disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral I (CDI I) e Geometria Analítica e Álgebra Linear, oferecidas no primeiro semestre da grade curricular. Relatos preliminares e iniciativas pedagógicas institucionais indicam que esse seja um dos motivos para o alto índice de reprovações e evasões nessas disciplinas. Zarpelon et al. (2017) respaldam essa hipótese, apontando estudos que destacam a deficiência de formação em matemática básica é um fator relevante para justificar a falta de êxito na disciplina de CDI I.

Além do fator citado acima, ao iniciar em um curso superior, os acadêmicos parecem deparar-se com um ambiente desconhecido e, muitas vezes, hostil. Em particular, o aluno de Engenharia, logo no primeiro semestre se vê frente a definições, demonstrações e propriedades associadas aos diferentes conceitos explorados em disciplinas matemáticas (Christo et al., 2018). Tais elementos são desconhecidos, gerando um abismo na transição do Ensino Médio para o Ensino Superior.

Nesse contexto, torna-se fundamental refletir sobre a abordagem tradicional de ensino de Matemática vigente na universidade (Cabral, 2015), em que o professor expõe o conteúdo, dá exemplos e, em seguida, aplica provas para verificar se o estudante consegue reproduzir o que foi ensinado (Mendes et al., 2018). Deve-se pensar em formas de trabalho em que o estudante tenha um papel mais ativo no seu processo de elaboração de conhecimentos.

Algumas propostas nessa direção envolvem a utilização de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) (Borba & Penteado, 2019), o trabalho com tarefas de natureza exploratória (Trevisan & Araman, 2021) e o trabalho colaborativo (Rodrigues et al., 2018). Além disso, a autorregulação surge como alternativa para que o estudante seja mais ativo no processo de ensino e aprendizagem, pois se refere ao grau em que o indivíduo atua, ao nível metacognitivo, motivacional e comportamental, em relação aos seus próprios processos de aprendizagem e na realização de atividades escolares (Zimmerman, 1986; Casiraghi et al., 2020).

Logo, propor um modelo que possibilite a autorregulação da aprendizagem de conteúdos matemáticos destinados a acadêmicos ingressantes no Ensino Superior se faz relevante neste contexto. O principal objetivo do modelo é minimizar as deficiências matemáticas dos alunos que cursarão a disciplina de CDI, assim, espera-se um melhor desempenho dos alunos e, conseqüentemente, um aumento no número de aprovações. A proposta concebida neste trabalho caracteriza-se como uma forma de autorregulação da aprendizagem, fundamentada na teoria de Múltiplas Representações Externas (MRE) em Objetos de Aprendizagem (OA), discutida por Leite et al. (2013).

Destaca-se, aqui, que o OA tem a intenção de promover a aprendizagem individual no momento de sua utilização, enquanto o aluno, ao conscientizar-se do seu erro, amplia sua capacidade de pensar e resolver situações-problema, criar hipóteses e, assim, chegar a um novo conhecimento, aspectos esses fundamentais para a autorregulação da sua aprendizagem (Hadwin & Oshigh, 2011; Mendes, 2014).

Este trabalho tem por objetivo apresentar a concepção e a avaliação inicial de um OA com *feedbacks* imediatos que possibilitem ao aluno a autorregulação da sua aprendizagem, no que diz respeito aos conceitos de Matemática necessários para o CDI 1. No intuito de fundamentar a concepção do OA e a relevância da proposta, foi realizado um levantamento bibliográfico sintetizado na seção a seguir. Em seguida, foi elaborado um protótipo do OA, e uma primeira fase de avaliação desse *design*, realizada por sete professores de Matemática, e dois pesquisadores da Educação Matemática, cujos resultados são apresentados e analisados na continuidade do artigo.

REFERENCIAL TEÓRICO

A realidade das universidades brasileiras tem sido modificada ao longo dos anos, o que pode ser observado também na UTFPR, principalmente na

disciplina de CDI 1. Dentre muitos fatores destacam-se, alunos com dificuldades em conceitos matemáticos básicos, índice de reprovação elevado, salas cheias, alto número de alunos que procuram se matricular em uma disciplina, mas não há turmas para todos (muitos alunos, poucas salas de aula e/ou número de professores insuficiente). Essa descrição é bem conhecida para muitos professores de Cálculo Diferencial e Integral (CDI) de muitas universidades brasileiras. (Borssoi et al., 2017, p. 460).

Voltando nossos olhos para a evasão em cursos de Engenharia, o relatório feito por Tonini e Pereira (2019) para a ABENGE – Associação Brasileira de Educação em Engenharia destacou algumas dessas causas. Estas relacionam-se às questões pessoais do ingressante e podem ser influenciadas também pela formação escolar anterior desse aluno, que chega ao Ensino Superior com déficit de conhecimentos, e não consegue acompanhar a intensa rotina de estudos exigida, culminando, assim, em reprovações sucessivas.

Juntamente com o crescente índice de evasão e os altos índices de reprovações nesses cursos, vários fatores podem ser levantados a respeito dessa questão na área de Engenharia, como o fator socioeconômico e a forma de ingresso no Ensino Superior, citados por Gomez et al. (2015) em uma análise feita sobre a evasão nos cursos de Engenharia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Godoy e Gerab (2018) em um estudo realizado com docentes de uma escola de Engenharia do ABC Paulista, apontam que, além dos fatores citados anteriormente, os estudantes demonstram um certo desânimo devido às dificuldades encontradas na Matemática da Educação Básica e às dificuldades de adaptação na transição do Ensino Médio para o Ensino Superior.

Cunha e Carrilho (2005) ressaltam que apesar das dificuldades de adaptação e de rendimento acadêmico dos alunos, na transição do Ensino Médio para o Ensino Superior, um processo de adaptação bem-sucedido, no início da graduação, pode ser um fator determinante na persistência e no sucesso dos alunos ao longo de sua vida acadêmica. Isso aponta para a importância de um olhar mais cuidadoso na transição entre esses dois níveis de ensino muito distintos.

Trevisan e Mendes (2018), por sua vez, afirmam que ao iniciar a disciplina de CDI 1:

nosso estudante geralmente apresenta características oriundas de sua rotina de estudos na Educação Básica, tais como: falta de experiências anteriores com tarefas de caráter investigativo;

expectativa de aulas expositivas, sucedidas pela resolução de tarefas similares aos exemplos apresentados pelo professor; concepções equivocadas acerca de alguns conceitos matemáticos (muitas vezes decorridas do foco na mecanização de processos, em vez de compreensão e atribuição de significado); hábito de trabalhar, na maioria das vezes, de forma individual, tendo dificuldade em expor e discutir suas ideias em grupo ou para toda a sala (p. 213).

Para Godoy e Gerab (2018), é necessário um olhar mais atento para esse momento crítico na fase inicial da vida acadêmica de um aluno ingressante no Ensino Superior. Os autores ressaltam que o docente deve revisitar frequentemente sua prática docente, pois, assim, poderá contribuir para o sucesso acadêmico desses jovens ingressantes no processo de ensino e aprendizagem.

TDIC no Ensino e Aprendizagem de CDI 1

O uso de TDIC como forma de estabelecer uma relação entre o professor e o aluno vem sendo discutido desde o fim dos anos 1980 (Faria et al., 2018). No âmbito da Educação Matemática, estudos sobre o ensino utilizando as TDIC remetem à mesma época e, segundo Borba et al. (2020), o uso da Internet rápida e de qualidade está “democratizando” a publicação e divulgação de materiais digitais de matemática na grande rede.

No Ensino Superior, em particular, no Ensino de CDI, muito se discute o uso de TDIC e as mudanças que elas estão gerando nos últimos anos, tais como novas abordagens metodológicas e quais são as melhores formas de aproveitar essas ferramentas em sala de aula como recurso didático (Santos et al., 2020). Os autores apontam que a intersecção CDI/TDIC como recurso didático-pedagógico em sala de aula, pode favorecer os processos de ensino e de aprendizagem dos conteúdos das disciplinas, potencializando e ressignificando a construção dos conhecimentos matemáticos.

Tais aspectos são alinhados às orientações presentes nas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (Resolução CNE/CES n.º 2/2019) (Brasil, 2019). Nesse documento é descrito o perfil do egresso do curso de graduação em Engenharia que deve, entre outras, compreender as seguintes características:

Comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica: a) ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis. (Brasil, 2019, p. 2)

Ressalta também que, no curso, deve ser estimulado o uso de metodologias para aprendizagem ativa, para promover uma educação mais centrada no aluno.

Com base no perfil dos seus ingressantes, a Resolução CNE/CES n.º 2/2019 no Art. 7º define que o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) deve:

prever sistemas de acolhimento e nivelamento, visando à diminuição da retenção e da evasão, ao considerar: I. as necessidades de conhecimentos básicos que são pré-requisitos para o ingresso nas atividades do curso de graduação em Engenharia; II. a preparação pedagógica e psicopedagógica para o acompanhamento das atividades do curso de graduação em Engenharia; III. a orientação para o ingressante, visando melhorar as suas condições de permanência no ambiente da educação superior (Brasil, 2019, p. 5).

Com essas diretrizes e o avanço tecnológico, a utilização de TDIC vem se tornando cada vez mais necessária nos processos de ensino e de aprendizagem, nas diversas áreas de conhecimento. Em particular, questões relativas à Matemática do Ensino Superior têm ganhado forma no âmbito da pesquisa, e são diversos os autores que versam sobre o uso de TDIC nesse contexto, em especial nas disciplinas de CDI.

Um exemplo de autores que destacam o uso de TDIC são Borba e Penteadó (2019), que descrevem a utilização de TDIC como aliadas ao ensino de CDI, mas muitas vezes, estão relacionadas somente com a fragmentação de conteúdos e substituição do professor por uma plataforma de aprendizagem virtual. Certamente, a sua utilização pode ser vista por muitos com receio, no que diz respeito a mudanças na forma de ensinar, pois creem que ainda não estão preparados, enquanto outros demonstram uma certa desconfiança. Assim, para que o professor comece a utilizar novas tecnologias, é preciso que ele reflita sobre o assunto e tenha como princípio que todos podem produzir Matemática, nas suas diferentes expressões. O que nos leva a refletir sobre uma

mudança no processo de ensino e aprendizagem e o uso de TDIC, em particular na disciplina de CDI 1.

Como discutido por Trevisan et al. (2018), as TDIC podem contribuir nessa direção, pois possibilitam visualização, reflexão e deduções para refinar o conhecimento. Os autores alertam, porém, que, por si só, nenhuma tecnologia garante tais processos. Para tanto, é necessário um cuidadoso planejamento para utilizá-la, em especial, na elaboração, aplicação e no refinamento de tarefas que façam uso desse recurso, o que configura a importância do papel ativo do aluno frente a essas tarefas (Trevisan et al., 2018; Nonato & Costa, 2021).

Como autores deste trabalho, em uma busca sobre o tema discutido, constatou-se uma escassez de pesquisas com foco no uso de OA com *feedbacks* para a autorregulação da aprendizagem de CDI e Pré-Cálculo. Justifica-se a partir deste contexto a necessidade de um olhar mais atento para essa questão, e um estudo mais aprofundado sobre esse tema relevante para o ensino e a aprendizagem de CDI.

Objetos de Aprendizagem

Os OA, neste trabalho, são vistos como um recurso cognitivo para auxiliar e ampliar o ensino e a aprendizagem com características peculiares, dentre as quais destacam-se a reusabilidade, a granularidade, a acessibilidade e a interoperabilidade (Marczal et al, 2015). A reusabilidade está ligada ao seu tamanho: quanto menor, mais fácil de ser reutilizado. Deve-se, porém, tomar cuidado para que sejam pequenos e com relevância de conteúdo. A granularidade objetiva que o OA seja uma unidade modular que possa ser combinada para formar unidades maiores. A acessibilidade visa a determinar como um OA pode ser encontrado e acessado, e é desejável que isso ocorra pela Internet. A interoperabilidade diz respeito à utilização do OA em diversas plataformas e sistemas operacionais (Marczal, 2014).

Com esta definição de OA, pode-se pensar em uma maior interação entre o aluno e o conteúdo matemático na disciplina de CDI. Inspirando-se no trabalho de Marczal (2014), propõe-se neste trabalho a construção de OA na FARMA como uma alternativa às dificuldades e necessidade supracitadas sobre o desempenho dos alunos em CDI.

De acordo com Marczal et al. (2015), a FARMA permite a construção de tarefas voltadas à aprendizagem de conceitos de indução analítica que envolvem expressões aritméticas e/ou algébricas. Sua principal característica é

ser uma ferramenta simples e objetiva para o desenvolvimento de OA altamente interativos e promover uma aprendizagem por erros, os quais são registrados desde a hora em que ocorrem. Com isso, os alunos podem, posteriormente, explorar seus próprios erros, além de permitir que os professores tenham acesso integrado ou individual aos resultados de seus alunos.

A ferramenta já vem sendo investigada e adaptada em trabalhos, como em Pereira (2018), que desenvolveu OA na FARMA, abrangendo conteúdos de geometria essenciais para a aprendizagem de alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. No Ensino Superior, Kutzke e Direne (2018) realizaram um estudo sobre a mediação do erro no ensino de programação de computadores, descrevendo a proposta de um arcabouço de sistema para a manipulação de registros de erros (FARMA-ALG) que promova a mediação do erro com participação efetiva do professor. Já no trabalho de Silva et al. (2018), os autores apresentam a ADAPTFARMA, uma versão modificada da FARMA, que consiste de uma sequência de exercícios após uma introdução, que é a parte teórica de um OA em que conceitos são definidos através de texto, imagens, áudios e vídeos. Na mesma linha da FARMA-ALG e ADAPTFARMA, o trabalho pretende, em uma segunda fase, adaptar uma versão da FARMA que seja específica para a remediação de erros e autorregulação da aprendizagem de conceitos de CDI, denominada FARMA-CALC.

Remediação de Erros e Autorregulação da Aprendizagem

A remediação de erros constitui um elemento fundamental na construção de conceitos. A partir dos erros, é possível que o aluno amplie mais sua base de conhecimentos, ou seja, remediar significa, nesse caso, auxiliar o aprendiz a se recuperar de um erro (Leite et al., 2013; Ferreira & Pimentel, 2016).

Por meio do erro, podem-se oferecer duas principais formas de aprendizagem: a remediação de erros, na qual o aluno recebe um *feedback* imediato sobre a falha, permitindo a sua recuperação e a continuação dos estudos; e a retroação aos erros, em que o aprendiz pode explorar os seus erros e, a partir disso, tentar refazer a interação em que o erro foi cometido para entender seu motivo e, então, solucioná-lo (Marczal et al, 2015).

Neste trabalho, o termo “remediação” é entendido como um conjunto de intervenções feitas pelo professor em um processo de ensino associado à regulação da aprendizagem, que tem o papel de fornecer informação de retorno (*feedback*). O retorno pode otimizar e regular a aprendizagem, fazendo com que

o aluno alcance pleno conhecimento de um conteúdo. Uma das funções anexas da regulação é o *feedback*, que deve fornecer informações necessárias em etapas vencidas e nas dificuldades encontradas durante uma atividade (Mendes, 2014; Mendes et al., 2018).

Define-se *feedback* como um conjunto de informações fornecidas ao estudante sobre o seu desempenho, que modelam o seu conhecimento e auxiliam em seu processo de aprendizagem (Costa et al. 2016). Os autores referem-se ao *feedback* como um recurso pedagógico que pode despertar uma ação reflexiva nos estudantes e que contribua para sua aprendizagem.

Nesse contexto, vários autores exploram a ideia do uso de *feedbacks* em ambientes virtuais para o ensino de Matemática. Melo et al. (2018) apresentam uma proposta de uso de *vídeo-feedbacks* em atividades desenvolvidas na disciplina de Matemática do Ensino Médio. O objetivo de utilizar *vídeo-feedbacks* imediatos era promover a melhoria do desempenho do aluno de forma personalizada. Cordeiro et al. (2021) avaliam o uso de *feedbacks* em Jogos Educacionais Digitais (JEDs), voltados ao ensino de operações básicas de Matemática, e apontam que não foi observado o uso de *feedbacks* efetivos nos quatro JEDs de Matemática avaliados. Ressaltam, porém, que seu uso poderia contribuir para um melhor desempenho do aluno nessa área. Referindo-se ao ensino remoto, Nóbrega e Dantas (2021) apresentaram uma proposta de atividade a ser realizada no GeoGebra e que contenha exercícios com *feedbacks* automáticos. O artigo tem por objetivo provocar na comunidade acadêmica reflexões e debates sobre o uso de materiais didáticos com *feedbacks* automáticos no ensino de Matemática.

Leite et al. (2013) propõem a remediação de erros por meio de *feedbacks* que se utilizam de Múltiplas Representações Externas em Objetos de Aprendizagem implementados na FARMA. Os autores apresentam a aplicação do Objeto de Aprendizagem Pitágoras e apontam que ele permitiu que os alunos aprofundassem seus conhecimentos conceituais usando as conexões que foram adquiridas através da manipulação do próprio OA.

Respaldados nestes trabalhos, os tipos de *feedbacks* utilizados no OA são: definição matemática do conceito abordado na questão; apresentação de outro registro de representação para o mesmo conceito; explicação curta da questão; sugestão de vídeo, com abordagem dos conceitos, a partir de repositórios já existentes.

METODOLOGIA

Caracterização da pesquisa

A investigação que deu origem a este artigo é de natureza qualitativa, de cunho interpretativo (Bogdan & Biklen, 1994), orientada pelas diretrizes do *Design Science Research - DSR* (Dresch et al., 2015; Brocke et al., 2020). A DSR é caracterizada como um processo metodológico para conduzir uma pesquisa com um caráter mais rigoroso. Além de apresentar modos de conceber o conhecimento e de realizar pesquisas científicas, a DSR também pode ser vista como um conjunto de técnicas analíticas que permitem o desenvolvimento de pesquisas em diversas áreas (Lacerda et al., 2013).

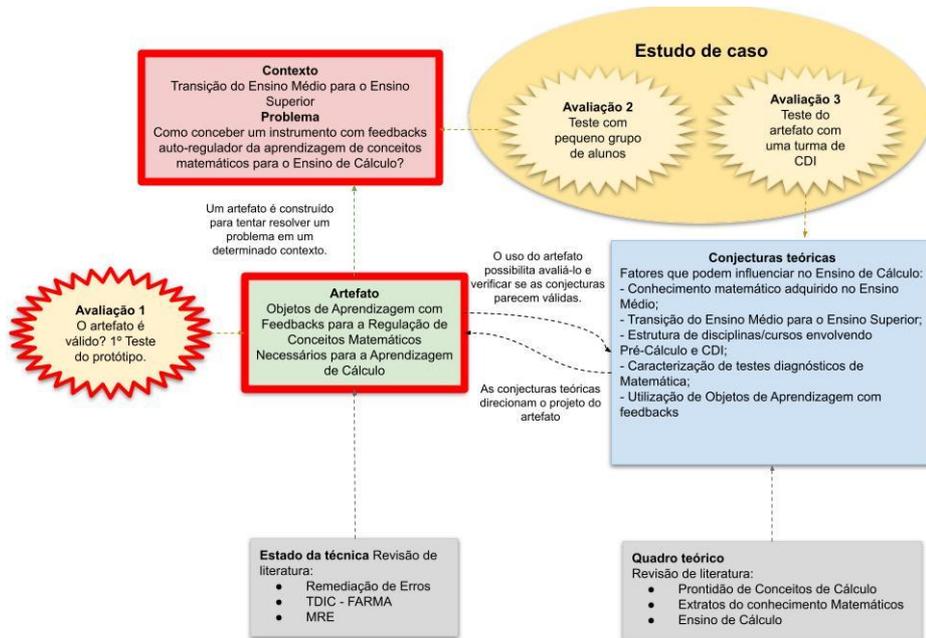
Apesar da DSR originalmente ter sido aplicada na Engenharia, pode-se observar sua crescente utilização em diversas áreas de pesquisa. Em Sistemas de Informação, por exemplo, Rocha et al. (2014) descrevem o processo e os resultados de uma pesquisa realizada sobre a influência do tamanho do grupo na participação em bate-papo educacional, na qual a DSR orientou a realização de uma pesquisa comportamental e a produção de um artefato (modelo matemático para estimar o tamanho do grupo de bate-papo).

Na Educação, Pimentel et al. (2020a) apresentam a pesquisa sobre os Tapetes Musicais Inteligentes, em que o método da DSR está atrelado ao processo de pensar-fazer. Na área do Ensino, Szesz Junior (2021) apresenta uma Tecnologia Assistiva, denominada MATH2TEXT, que possibilita aos alunos cegos acesso a expressões matemáticas por meio do computador. A DSR também é uma das metodologias sugeridas pela Comissão Especial de Informática na Educação (Pimentel et al., 2020b).

Em DSR, o artefato é projetado com base em conjecturas teóricas, e a avaliação do artefato fornece novos dados sobre as conjecturas elaboradas visando aumentar o conhecimento teórico (Rocha et al., 2014). Na Figura 1 está representado um mapa conceitual dos princípios da DSR, aplicada para a pesquisa que deu origem a este artigo, e que segue os princípios de Hevner et al. (2004). Em particular, este artigo trata da concepção e a primeira avaliação do artefato (OA), destacados em vermelho na Figura 1.

Figura 1

Elementos da DSR na construção dos OA. (Hevner et al., 2004)



Design do OA

O artefato proposto foi concebido como um OA que usa *feedbacks* imediatos, os quais devem possibilitar ao aluno uma autorregulação de sua aprendizagem em relação aos conceitos de Matemática necessários para a aprendizagem de CDI. Foi composto por um conjunto de questões elaboradas a partir do Instrumento de Prontidão de Conceitos de Cálculo - CCR, proposto por Carlson et al. (2015), organizado com base na taxonomia de 23 itens distribuídos em cinco categorias (Tabela 1), bem como em outras questões já validadas (ENEM, Prova Brasil, Pisa) que contemplam os diferentes estratos do conhecimento matemático (Cuevas-Vallejo et al., 2018).

Tabela 1

Taxonomia do CCR. (Carlson et al., 2015, p. 216, tradução nossa)

Habilidades de raciocínio

R1 - Raciocínio Proporcional: Observar que duas grandezas que estão mudando juntas estão relacionadas por uma constante multiplicativa e que, como às duas grandezas mudam juntas, a razão de uma grandeza para a outra permanece constante; em seguida, usar esse conhecimento para determinar novos valores de uma quantidade para valores específicos da outra quantidade;

R2 - Visão de Função como Processo: Visualizar uma função como um processo que mapeia os valores de entrada no domínio da função para valores de saída na imagem da função;

R3 - Raciocínio Quantitativo e Covariacional: Conceituar quantidades em várias situações e pensar sobre como duas quantidades em uma situação mudam juntas.

Compreender, representar e interpretar padrões de crescimento de função

F1 - Linear;

F2 - Exponencial;

F3 - Polinomial não linear;

F4 - Racional;

F5 - Periódica.

Compreender e usar os seguintes conceitos ou ideias

U1- Grandeza;

U2 - Variável;

U3 - Inclinação / Taxa constante de variação;

U4 - Taxa média de variação;

U5 - Composição de função;

U6 - Função inversa;

U7 - Translações de gráficos de funções (deslocamentos horizontais e verticais).

Compreender ideias centrais da trigonometria

T1 - Medida de ângulo;

T2 - Radiano como unidade de medida;

T3 - As funções seno e cosseno como a covariação do comprimento de um arco (medido em unidades do raio do círculo) e as coordenadas horizontal e vertical do término do arco (medida em unidades do raio do arco).

T4 - As funções seno e cosseno como uma representação da relação entre uma medida de ângulo e os lados de um triângulo retângulo.

Outras habilidades

H1 - Resolver equações;

H2 - Representar e interpretar inequações;

H3 - Usar e resolver sistemas de equações;

H4 - Compreender e usar a notação de função para expressar uma quantidade em termos de outra.

Para o primeiro protótipo, foram escolhidas duas questões envolvendo o conceito/ideia de composição de funções (U5), associado a padrões de crescimento não linear (F3) e habilidade de compreender e usar a notação de função para expressar uma grandeza em termos de outra (H4). O teste CCR, como um todo, não é de domínio público, e as questões aqui utilizadas são inspiradas nos trabalhos de Carlson et al. (2015), Carlson et al. (2010) e outros.

O OA foi desenvolvido de tal modo que, para cada questão, a cada erro cometido pelo estudante em uma das etapas de resolução, seja apresentado um tipo de *feedback* diferente. A variação dos *feedbacks* teve por objetivo contemplar tipos de intervenção que sejam mais eficazes em uma nova tentativa de resolução do mesmo item. Foram adotados os seguintes tipos de *feedbacks*: definição matemática do conceito abordado na questão; apresentação de outro registro de representação para o conceito; explicação curta da questão; sugestão de vídeo, com abordagem dos conceitos, a partir de repositórios já existentes (Canais no *Youtube*, *Sites* de Universidades etc.); apresentação de exemplos similares.

Os exemplos utilizados no OA (Figura 2) exploram o conceito de função composta, cujo objetivo, segundo o instrumento CCR, é verificar se o aluno: i) consegue visualizar a função como um processo; ii) compreende o que significa avaliar uma função; iii) entende como compor duas funções dadas em um contexto de representação gráfica.

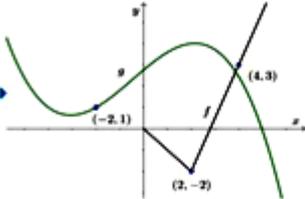
A Figura 2 apresenta (a) uma questão sobre o conceito de função compostas, o feedback (b) mostra a representação gráfica da imagem de uma função para o Item 1. Já o *feedback* (c) apresenta um exemplo de função composta semelhante ao proposto na questão.

Figura 2

Exemplo de uma questão do OA com *feedbacks*.

(a) Questão 1.

Use os gráficos de f e g para calcular o valor de $g(f(2))$.



Item 1:
Calcule o valor de $f(2)$?

Resposta:

Clique aqui para responder

Item 2:
Para qual valor de x temos $g(x) = 17$?

Resposta:

Clique aqui para responder

Item 3:
Usando a definição de função composta e os resultados obtidos nas questões anteriores, calcule o valor de $g(f(2))$.

Resposta:

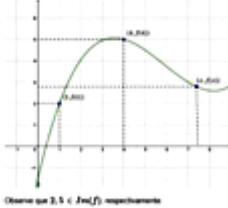
Clique aqui para responder

(b) Feedback com gráfico.

Resposta:

Resposta incorreta, analise a dica e tente novamente

Feedback 2 Dica 2
Use um exemplo na imagem abaixo



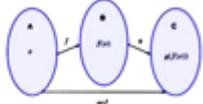
Observe que $2, 5 \in \text{Im}(f)$ respectivamente

(c) Feedback conceitual exemplo similar.

Resposta:

Resposta incorreta, analise a dica e tente novamente

Feedback 2 Dica 2
Observe que o domínio de g é igual a imagem de f



Exemplo:
Determine o $g(f(x))$ e $f(g(x))$ nas funções $f(x) = 3x + 2$ e $g(x) = 3x$
 $g(f(x)) = g(3x + 2) = 3(3x + 2) = 9x + 6$
 $f(g(x)) = f(3x) = 3(3x) + 2 = 9x + 2$

Procedimentos de avaliação do design do OA

Braga et al. (2013) propõem uma metodologia iterativa denominada INTERA (Inteligência, Tecnologias Educacionais e Recursos Acessíveis), que considera o processo de desenvolvimento de OA como sendo um projeto dividido em vários componentes (fases, papéis, etapas e artefatos). A INTERA aborda, de forma adequada, questões pedagógicas e de validação na elaboração de um OA, satisfazendo os princípios da pesquisa baseada em DSR. Os autores afirmam que é necessário um esforço colaborativo de uma equipe multidisciplinar para produzir um OA de alta qualidade e que seja reutilizável. Uma das etapas propostas são os Testes e a Qualidade, que verificam a aceitação dos OA pelos usuários.

Assim, para a avaliação do protótipo do OA, foram convidados dois grupos, um deles formado por dois professores de CDI, também pesquisadores da Educação Matemática (denominados especialistas – E1, E2), e outro formado por 7 professores da Educação Básica e Ensino Superior, que cursavam uma disciplina de Ensino de CDI ofertada pelo Programa de Pós-Graduação, do qual o primeiro autor é integrante (denominados apenas como professores – P1, P2, ..., P7). Ressalta-se, que a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da (omitido para avaliação) (processo nº 08957619.3.0000.5547; parecer nº 4.683.713). Foi proposto que os dois grupos testassem e avaliassem o OA, como se fossem alunos ingressantes em CDI.

Produção e análise de dados

Para produção de dados a serem analisados neste artigo, foram feitas entrevistas com os dois grupos, para determinar as suas impressões sobre o OA, como foco nos *feedbacks* propostos no protótipo. Um roteiro para entrevista semiestruturada (Bogdan & Biklen, 1994) em cada um dos grupos continha: (i) apresentação do objetivo da pesquisa e (ii) apresentação do OA na FARMA; (iii) questões sobre percepções do OA em relação a disposição dos elementos, clareza, divisão das questões em passos e sua estrutura; (iv) questões sobre a avaliação geral do design do OA; (v) espaço aberto para sugestões de aperfeiçoamento do OA e (vi) análise dos *feedbacks* propostos e percepção de quais seriam mais apropriados aos diferentes conceitos abordados nas questões. Foi esclarecido aos avaliadores que eles tinham liberdade para dar sugestões sobre quais tipos de *feedbacks* poderiam ser usados e fazer críticas em relação à usabilidade do OA.

A coleta dos dados ocorreu a partir de vídeos gravados durante as entrevistas, via *Google meet*, transcritas na íntegra por um dos autores.

APRESENTAÇÃO DAS ANÁLISES

Iniciamos com um comentário sobre a visão geral do OA de uma das especialistas, que destacou alguns pontos importantes sobre seu *design*.

“Eu errei três vezes e a cada erro ele me deu um feedback, na quarta tentativa ele me dá resposta. Eu gostei bastante, mas quando se fala em objeto de aprendizagem me vem a ideia de dinâmico e eu achei um pouco estático... O feedback do vídeo poderia ser mais focado no pré-requisito da função composta”. (E1)

Um dos pontos levantados por E1 diz respeito à falta de dinamicidade do OA. Outro é a necessidade de repensar pré-requisitos necessários ao conceito matemático, Em relação à ordem apresentada nos *feedbacks*, E1 complementa que

“O 1º erro levou para a definição, se formos pensar da maneira que você pensa cálculo, talvez esse fosse o último feedback, não o primeiro! ... Eu acho que o feedback deve ser mais provocativo, pois soltar a definição provoca muito pouco!” (E1)

Na mesma direção, E2 sugere repensar a proposta de trazer uma definição como um feedback inicial, pois isso poderia “provocar” pouco ou nenhuma reflexão sobre o erro cometido:

“A definição parece mais complexa do que o próprio exercício!” (E2)

Os especialistas tiveram dificuldades em reconhecer a resposta esperada para uma das questões do OA, pelo modo como o enunciado havia sido elaborado, e pela necessidade em fornecer, como resposta, uma expressão algébrica. Além disso, houve dúvidas nos termos usados na formulação da questão, o que nos direcionou a trabalhar com bancos de questões já validadas (como ENEM, Prova Brasil e Pisa), e repensar a forma como solicitar a resposta aos estudantes.

“Acho que vocês devem melhorar a formulação da pergunta!” (E1)

“Eu não consegui ver a resposta que eu acho que é a correta! A resposta é? Deve ser algum problema na plataforma!” (E2)

Uma questão levantada pelos especialistas foi sobre o público-alvo da pesquisa. Não estava muito claro, para eles, a quem o OA estava dirigido.

“As questões devem ser formuladas pensando em um público de Pré-Cálculo? O tipo de questão que vocês estão colocando atende ao aluno de Cálculo? Essas questões podem não refletir um direcionamento na realidade dos alunos de Pré-Cálculo!” (E1)

“Dentro do contexto da UTFPR, eu acho que outras pessoas comprariam essa ideia de ter o instrumento que todo mundo pode aplicar aqui, para repensar suas práticas de ensino, mas não usaria dentro de um contexto de sala de aula... poderia ser um protocolo de diagnóstico com feedbacks guiados aos conceitos básicos. Como um guia de estudos aproveitando a estrutura da ferramenta”. (E1)

Esse diálogo com os especialistas da Educação Matemática foi bastante produtivo, pois levou os autores a refletir sobre alguns aspectos do OA que não estavam claros, o que nos fez repensar especialmente em delimitar qual seria o público-alvo e rever a formulação das questões.

Vejamos agora alguns relatos dos professores sobre suas percepções do OA. Um ponto positivo destacado acerca do design do OA foi a presença de *feedback* com configurações variadas, com destaque ao vídeo.

“Eu achei muito interessante, coloquei respostas incorretas para ver até onde ia. Vi que tem vídeos e aí chega um ponto que dá a resposta, na quarta tentativa. Acho que o aluno seria autosuficiente com o uso dessa plataforma”. (A1)

“É bastante interessante porque dá os feedbacks e no final um vídeo que ajuda a complementar e depois dá a resposta”. (A3)

Foram feitos também apontamentos sobre algumas limitações do OA, vinculadas à plataforma FARMA, envolvendo seu layout.

“O que mais me incomodou foi as duas flechas azuis, pois eu achei que tinha mais ajuda, mas não aparecia nada, só depois de outro erro que aparecia a próxima ajuda... Incomoda as

coisas ficarem bem no canto. O layout deve ser mais amigável”. (A2)

“No quarto erro ele já me dá a resposta, então pra que eu preciso digitar a resposta de novo?” (A4)

*“Eu tentei uns doze minutos e ele dava erro no 4π , pois é $4 * \pi$ né?”* (A5)

Comentários sobre o público-alvo ao qual é destinado o OA também foram feitos nesse grupo, assim como a ordem com a qual os *feedbacks* eram apresentados.

“A minha dúvida era, se isso é mais como um reforço escolar? Pois as primeiras dicas eram definições com simbologias e tal, aí percebi que o aluno tem que ter o conhecimento das definições para relembrar. Assim deduzi que era como reforço! Será que a definição como primeira dica é a mais eficiente? Será que usar o gráfico não seria mais interessante?” (A3)

“Acho que a definição ao final fica mais interessante!” (A2)

“Eu também concordo, porque com as dicas numéricas e gráficas ele vai construindo o conceito e a definição lá no fim”. (A5)

Em relação às respostas dos dois grupos, serão analisadas potencialidades do OA em relação a três categorias que emergiram do processo analítico de organização dos dados: *Design* do OA, Tipo de *Feedbacks* e Ordem e Formulação das Questões.

Sobre o *design* do OA, de forma geral ele foi bem aceito. Mas um dos pontos levantados foi a questão de estar muito estático, o que levou os autores a repensar a formulação das questões, no intuito de atribuir um caráter mais dinâmico, e torná-las mais compreensíveis para o usuário. Houve problemas no preenchimento da resposta com uma fórmula, o que levou a suprimir esse tipo de questão em uma próxima versão do OA.

A diversidade de *feedbacks*, com destaque para o vídeo, foi apontada como um ponto positivo, mas a ordem de apresentação deve ser revista, pois, o aluno deve receber os *feedbacks* de tal forma que ele vá construindo os conceitos até chegar à definição formal.

Em relação à formulação das questões, não pareciam muito atrativas, apresentando um caráter muito técnico, o que poderia desmotivar o aluno.

Assim, há necessidade de uma reestruturação das questões e estudo mais aprofundado para sua ampliação.

DISCUSSÃO DOS DADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou os primeiros resultados de uma pesquisa mais ampla com interface nas áreas de Educação Matemática e Informática na Educação. Seu principal objetivo foi apresentar a concepção e a avaliação de um OA com *feedbacks* que possibilitem ao aluno a autorregulação da sua aprendizagem, no que diz respeito aos conceitos de Matemática necessários para o CDI. No intuito de fundamentar a concepção do OA, foi realizada um estudo bibliográfico sobre as dificuldades enfrentadas por alunos ingressantes nos cursos de Engenharia, em particular na UTFPR, em relação aos conceitos de Matemática necessários para o ensino de CDI, assim como o uso de TDIC no ensino de Matemática e a autorregulação da aprendizagem por meio de OA com *feedbacks* imediatos.

Este artigo teve por foco apresentar a avaliação do *design* de um protótipo do OA, no intuito de validar um modelo baseado na prontidão de conceitos de CDI, adaptado e implementado em uma plataforma para a remediação de erros de matemática (FARMA). Tal modelo foi testado com diferentes *feedbacks*, com o objetivo de verificar quais intervenções, na visão dos avaliadores, seriam mais apropriadas a diferentes contextos.

Dos resultados obtidos com esta investigação, pode-se fazer uma análise das potencialidades do OA em relação a três categorias que emergiram do processo analítico de organização dos dados: a primeira trata do *design* do OA, que de forma geral foi bem aceito. Mas as questões devem ser melhoradas de forma que tenham um caráter mais dinâmico, e sua formulação seja mais clara para o usuário.

A segunda refere-se aos tipos de *feedbacks* e sua ordem de apresentação. Houve a indicação, por parte dos especialistas, de que o aluno deve receber os *feedbacks* de tal forma que ele vá elaborando conceitos de forma gradativa, até chegar à definição formal. Uma última categoria é relacionada à formulação das questões, cuja avaliação indicou a necessidade de reformulação de enunciados.

Fazendo os ajustes necessários e ampliando a gama de questões, pretende-se seguir para as próximas etapas da pesquisa (Figura 1), que incluem a organização do conjunto total de questões que abordem os conceitos de

Matemática necessários para a aprendizagem de CDI e que explorem os estratos do conhecimento numérico, algébrico e funcional, bem como a aplicação em sala de aula (Estudo de caso), com uma turma de alunos iniciantes em CDI. Espera-se que, ao término da pesquisa, tenha-se um produto educacional capaz de auxiliar os alunos em suas dificuldades em conceitos de matemática necessários para a aprendizagem de CDI.

DECLARAÇÕES DE CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

ASC, ALT e DM conceberam a ideia apresentada no artigo. ASC elaborou o Objeto de Aprendizagem, coletou os dados e realizou as análises sob a orientação de ALT e DM. Os três autores discutiram os resultados e contribuíram para a versão final do manuscrito.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados que apoiam este artigo encontram-se sob a guarda de ASC e podem ser disponibilizados mediante solicitação razoável.

REFERÊNCIAS

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and instruction*, 16(3), 183-198.
- Bogdan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto.
- Borba, M. C. & Penteado, M. G. (2019). *Informática e educação matemática*. Autêntica.
- Borba, M. C., Silva, R. S. R., & Gadanidis, G. (2020). *Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática: sala de aula e internet em movimento*. Editora.
- Borges, P. A. P. & Moretti, M. T. (2016). A transformação das relações com o saber matemático de alunos ingressantes na universidade. *Acta Scientiae*, 18(3), 580-596.

- Borssoi, A. H., Trevisan, A. L., & Elias, H. R. (2017). Percursos de aprendizagem de alunos ao resolverem uma tarefa de Cálculo Diferencial e Integral. *Vidya*, 37(2), 459-477.
- Braga, J. C., Pimentel, E., & Dotta, S. (2013). Metodologia INTERA para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem. In *Proceedings of the Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)* 24(1), 306-315. <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.sbie.2013.306>
- Brasil (2019). Resolução CNE/CES 2/2019. *Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de abril de 2019, Seção 1, pp. 43 e 44.
- Brocke, J. V., Hevner, A., & Maedche, A. (2020). Introduction to design science research. In *Design Science Research. Cases* (p. 1-13). Springer.
- Cabral, T. C. B. (2015). Metodologias Alternativas e suas Vicissitudes: ensino de matemática para engenharias. *Perspectivas Da Educação Matemática*, 8(17), 208-245.
- Carlson, M. P., Madison, B., & West, R. D. (2015). A study of students' readiness to learn calculus. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 1(2), 209-233.
- Carlson, M., Oehrtman, M., & Engelke, N. (2010). The precalculus concept assessment: A tool for assessing students' reasoning abilities and understandings. *Cognition and Instruction*, 28(2), 113-145.
- Casiraghi, B., Boruchovitch, E., & Almeida, L.S. (2020). Crenças de autoeficácia, estratégias de aprendizagem e o sucesso acadêmico no Ensino Superior. *Revista E-Psi*, 9(1), 27-38.
- Christo, M. M. S., de Resende, L. M. M., & Kuhn, T. D. C. G. (2018). Por que os alunos de engenharia desistem de seus cursos—um estudo de caso. *Nuances: estudos sobre Educação*, 29(1).
- Cordeiro, E., Sato, G., Pinheiro, N., & Silva, S. (2021). O uso de feedbacks em jogos educacionais digitais para o ensino de operações básicas de matemática: um estudo exploratório. *Em Teia | Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana*. 12(1),.
- Costa, E. D. B., Rocha, H. J. B., Omena, R. A. L. V. D., Júnior, M. A. C. P., Alves, H. F., Neto, M. J. F., & Toledo, A. (2016). An approach that

support multiple linked representations within an intelligent tutoring system for helping students to develop skills on designing digital circuits. *In New Advances in Information Systems and Technologies* (p. 255-264). Springer.

- Cuevas-Vallejo, C. A., Pineda, M. D., & Reyes, M. M. (2018). Una propuesta para introducir el pensamiento funcional y concepto de función real, antes de un curso de cálculo diferencial. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología, 10*(2), 20-38.
- Cunha, S. M. & Carrilho, D. M. (2005). O processo de adaptação ao ensino superior e o rendimento acadêmico. *Psicologia escolar e educacional, 9*, 215-224.
- Dresch, A., Lacerda, D. P., & Júnior, J. A. V. A. (2015). *Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Bookman.
- Faria, R. W. S. D. C., Romanello, L. A., & Domingues, N. S. (2018). *Phases of digital technologies in the mathematical exploitation in a classroom: from graphic calculators to intelligent celllulars*.
- Feitosa, D. L. S., Teixeira, E. G. S., Silva, L. S., Oliveira, M. L. S., & Braga, R. M. (2020) O estudante e o ensino de cálculo diferencial e integral. *Série Educar-Volume 25 Matemática*, 6-14.
- Ferreira, L. & Pimentel, A. (2016, November). ARPREM: Autoria de Regras de Produção Para Remediação de Erros Com Múltiplas Representações Externas. In *Proceedings of the Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, 27(1), 946-955.
<http://dx.doi.org/10.5753/cbie.sbie.2016.94>
- Godoy, E. V. & Gerab, F. (2018). Transição ensino médio-ensino de engenharia na perspectiva do professor de matemática. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, 11*(2), 361-385.
- Gomez, M. F., Remor, C. R., de Marco, M. T., & Farinon Betzek, S. B. (2015). *Evasão na engenharia: o caso dos cursos da UTFPR Câmpus Medianeira tendo como acesso o SISU*.
- Hadwin, A., & Oshige, M. (2011). Self-regulation, coregulation, and socially shared regulation: Exploring perspectives of social in self-regulated learning theory. *Teachers College Record, 113*(2), 240-264.

- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 75-105.
- Kutzke, A. R. & Direne, A. (2018). Em Direção à Mediação do Erro por Meio de Um Arcabouço de Sistema Computacional. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 26(03), 139.
- Homa, A.I. R. (2020). As Dificuldades em Álgebra dos Estudantes de Engenharia: Um Experimento com Avaliação Diagnóstica Auxiliada por Computador. *Acta Scientiae*, 22(5), 254-272.
- Lacerda, D. P., Dresch, A., Proença, A., & Antunes Júnior, J. A. V. (2013). Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. *Gestão & produção*, 20(4), 741-761.
- Leite, M. D., Marczal, D., & Pimentel, A. R. (2013, July). Objeto de Aprendizagem Pitágoras: uma aplicação do uso de múltiplas de representações externas na remediação de erros matemáticos. In *Anais do II Workshop de Desafios da Computação aplicada à Educação* (p. 1434-1442). SBC.
- Marczal, D., Direne, A., Pimentel, A., & Krynski, E. M. (2015, October). FARMA: Uma ferramenta de autoria para objetos de aprendizagem de conceitos matemáticos. In *Anais dos workshops do congresso brasileiro de informática na educação 4(1)*, 23-22.
- Marczal, D. (2014). *FARMA: Uma ferramenta de autoria para objetos de aprendizagem de conceitos matemáticos*. 174 f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Melo, J. N. B., de Lima, J. V., & Canto Filho, A. B. (2018). Feedback imediato em ambientes informatizados através de vídeos na disciplina de matemática. *Informática na educação: teoria & prática*, 21(2).
- Mendes, M. T., Trevisan, A. L., & Elias, H. R. (2018). A utilização de TDIC em tarefas de avaliação: uma possibilidade para o ensino de Cálculo Diferencial e Integral. *Debates em educação*, 10(22), 140-163.
- Mendes, M. T. (2014) *Utilização da Prova em fases como recurso para aprendizagem em aulas de Cálculo*. 277f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

- Menestrina, T. C., & Moraes, A. F. (2012). Alternativas para uma aprendizagem significativa em engenharia: curso de matemática básica. *Revista de Ensino de Engenharia*, 30(1), 52-60.
- Nóbriga, J. C. C. & Dantas, S. C. (2021). Uma Proposta de Atividade com Feedbacks Automáticos no GeoGebra. *Perspectivas da Educação Matemática*, 14(34), 1-21.
- Nonato, K. J. & Costa, N. M. L. (2021). Conexões entre o Projeto Pedagógico de um Curso de Graduação em Matemática e o Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo. *Acta Scientiae*, 23(3), 241-264.
- Pereira, F. H. (2018). *Um estudo sobre o ensino de geometria com o uso da FARMA*. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina.
- Pimentel, M., Filippo, D., & Santoro, F. (2020a). Design Science Research: fazendo pesquisas científicas rigorosas atreladas ao desenvolvimento de artefatos computacionais projetados para a educação. In: Jaques, P., Pimentel, M., Siqueira, S. & Bitencourt, I. *Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação: Concepção de Pesquisa*. SBC.
- Pimentel, M., Filippo, D., & Santos, T. M. (2020b). Design Science Research: pesquisa científica atrelada ao design de artefatos. *RE@ D-Revista de Educação a Distância e Elearning*, 3(1), 37-61.
- Rocha, E. B., Pimentel, M., & Diniz, M. C. (2014, May). Desenvolvimento de um modelo da participação em bate papo seguindo a abordagem design science research. In *Anais do X Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação* (p. 32-43). SBC.
- Rodrigues, C., Menezes, L., & Ponte, J. P. D. (2018). Práticas de Discussão em Sala de Aula de Matemática: os casos de dois professores. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 32(61), 398-418.
- Santos, G. M. T., Reis, J. P. C., & Silva, M. M. (2020). Tecnologias digitais na educação superior: reflexões acerca da disciplina de cálculo diferencial e integral i. *Brazilian Journal of Development*, 6(8), 55191-55201.
- Silva, R. C., Direne, A. I., Marczal, D., Borille, A. C., Guimarães, P. R. B., da Silva Cabral, A., & Camargo, B. F. (2018). Adaptabilidade de Objetos

de Aprendizagem usando Calibragem e Sequenciamento Adaptativo de Exercícios. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 26(01), 70-90.

- Szesz Junior, A. (2021). *Math2Text: ferramenta tecnológica para acessibilidade de estudantes cegos a expressões matemáticas*. Tese (Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021.
- Tonini, A. M., & Pereira, T. R. D. S. (2019). *Desafios da Educação em Engenharia: Empreendedorismo, Indústria 4.0, Formação do Engenheiro, Mulheres em STEM*. ABENGE.
- Trevisan, A. L., & Araman, E. M. D. O. (2021). Processos de Raciocínio Matemático Mobilizados por Estudantes de Cálculo em Tarefas Envolvendo Representações Gráficas. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 35, 158-178.
- Trevisan, A. L., da Fonseca, M. O. D. S., & Palha, S. A. G. (2018). Proposição de tarefas com TDIC em aulas de Cálculo. *Revista Diálogo Educacional*, 18(58), 713-738.
- Trevisan, A. L. & Mendes, M. T. (2018). Ambientes de ensino e aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral organizados a partir de episódios de resolução de tarefas: uma proposta. *Revista Brasileira de Ensino e Tecnologia*, 11(1), 209-227.
- Zarpelon, E., de Resende, L. M. M., & Reis, E. F. (2017). Análise do desempenho de alunos ingressantes de engenharia na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I. *Interfaces da educação*, 8(22), 303-335.
- Zimmerman, B. J. (1986). Becoming a self-regulated learner: Which are the key subprocesses? *Contemporary educational psychology*, 11(4), 307-313.