TRABALHO COMPLETO
FULL PAPER
XXVIII SEPE
Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão
Teaching, Research and Extension Symposium
ISSN: 2316-9745
24 A 26 DE SETEMBRO DE 2024
SEPTEMBER 24th to 26th, 2024
UFN
https://doi.org/10.48195/sepe2024.28488

PRINCÍPIOS DE DESIGN: DA ELABORAÇÃO À UTILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE UM PRODUTO EDUCACIONAL

Ismael Batista Maidana Silvestre[1]; Vanilde Bisognin[2]

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo de descrever os resultados de uma pesquisa que tratou de um estudo sobre princípios de design iniciais e como eles podem ser utilizados na construção de um produto educacional, a partir de uma revisão bibliográfica de teses e dissertações sobre o tema Integral de Riemann e Integral de Lebesgue. A partir dessa revisão e da experiência do grupo de colaboração, foram elaborados onze princípios de design iniciais que, posteriormente, se tornaram elementos fundamentais na construção das atividades do produto educacional. Os bons resultados apresentados pelos participantes da pesquisa, em termos de compreensão dos conceitos envolvidos, validam os princípios de design e o método empregado na elaboração e utilização dos mesmos nas atividades do produto educacional.

Palavras-chave: Integral de Lebesgue; Integral de Riemann; Revisão Bibliográfica.

ABSTRACT

This work aims to describe the results of a research study focused on initial design principles and how they can be used in the development of an educational product, based on a bibliographic review of theses and dissertations on the topics of the Riemann Integral and the Lebesgue Integral. From this review and the experience of the collaborative group, eleven initial design principles were developed, which later became fundamental elements in the construction of the activities for the educational product. The positive results presented by the research participants, in terms of understanding the concepts involved, validate the design principles and the method employed in their development and application within the activities of the educational product.

Keywords: Lebesgue Integral; Riemann Integral; Literature Review.

Eixo Temático: Educação, Cultura e Comunicação (ECC).

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve um crescimento considerável em pesquisas na

[1] Universidade Franciscana, ismael.silvestre@ufn.edu.br
[2] Universidade Franciscana, vanilde@ufn.edu.br

área de ensino de ciências e matemática. Uma questão relacionada às pesquisas no ensino que tem preocupado pesquisadores está relacionada à efetividade, aplicabilidade e generalidade dos resultados/produtos.

Ainda no final do século XX, um número considerável de pesquisadores – influenciados também por outras metodologias de pesquisa já bem estruturadas, como Engenharia Didática e Pesquisa-Ação - começaram a teorizar sobre uma metodologia de pesquisa voltada para resolver problemas sistêmicos que fazem parte das salas de aula. Surge, então, o que hoje é denominada como metodologia de "Pesquisa Baseada em Design", uma tradução do inglês para "design-based research" (VAN DEN AKKER; et al., 2006; MATTA; SILVA; BOAVENTURA, 2014).

Na PBD estudam-se intervenções educacionais tendo em vista promover certas aprendizagens, ou mudanças sistêmicas, e compreender os processos subjacentes (Cobb, Confrey, Disessa, Lehrer & Schaube, 2003; Gravemeijer & Cobb, 2013). A PBD assume que o conhecimento não se localiza nas pessoas consideradas como indivíduos, mas antes, constitui um processo que envolve a pessoa que conhece o contexto em causa e a atividade em que esta participa (Barab & Squire, 2004).

Autores como Cobb, Jackson e Dunlap (2015) sugerem que a PBD se caracteriza por cinco aspectos fundamentais: 1) incide sobre os problemas que se colocam aos profissionais (professores ou formadores) no seu trabalho de ensino, procurando promover a aprendizagem dos alunos ou de formação dos professores; 2) é baseada em intervenções, para transformar processos que ocorrem no mundo real; 3) tem simultaneamente uma forte orientação teórica e pragmática; 4) envolve testar e, se necessário, rever ou rejeitar conjeturas sobre os processos de aprendizagem dos participantes e os meios de os promover; 5) dada a sua preocupação teórica, visa a generalidade.

Segundo Plomp (2007), um aspecto fundamental da PBD é a concepção de um grupo de colaboração (profissionais, pesquisadores, gestores, entre outros). Com base na literatura e em pesquisas anteriores, os pesquisadores em colaboração com o grupo desenvolvem intervenções viáveis (carácter de praticidade) e eficazes, estudando e refletindo cuidadosamente sobre as sucessivas versões, ou protótipos, de intervenções em seu contexto-alvo com a intenção de

gerar produtos utilizáveis e princípios de design.

Independente do propósito da PBD, o processo de pesquisa sempre incorpora processos de desenho sistemático de elaboração, na forma de ciclos. Os pesquisadores podem divergir em alguns detalhes na PBD, mas todos são unânimes no entendimento que ela é composta por fases. No caso da PBD como pesquisa de desenvolvimento, Plomp (2018) sugere que as fases sejam: Pesquisa Preliminar, Fase de Prototipagem e Fase de Avaliação. Na Pesquisa Preliminar é feita a análise do contexto e a revisão de literatura com o desenvolvimento de uma estrutura conceitual ou teórica para o estudo.

Com base na teoria e em estudos prévios, ou seja, na literatura científica, que chamaremos T_1, os pesquisadores elaboram a versão inicial do produto educacional, o protótipo 1, que chamaremos de P_1. Esse, utilizado e submetido à análise crítica, gera novos entendimentos teóricos, T_2. Com esse incremento nos entendimentos teóricos, é feito o refinamento/redesenho do protótipo P_1, gerando o protótipo P_2, e assim sucessivamente.

$$T_1 \rightarrow P_1 \rightarrow T_2 \rightarrow P_2 \rightarrow \cdots \rightarrow T_{n-1} \rightarrow P_{n-1} \rightarrow \begin{cases} T_n \\ P_n \end{cases}$$

Nesse processo cíclico – desenvolvendo, refinando, aplicando e avaliando – a investigação produz dois resultados que são os ganhos teóricos T_n (princípios de design) e o produto P_n, embasado teoricamente e que deverá ser disponibilizado para um público mais amplo (estudantes, professores, gestores, etc.).

Pesquisadores em PBD defendem que, na fase preliminar, é fundamental investigar intervenções existentes, mesmo em outros contextos, que possam servir como exemplos ou fontes de inspiração para o trabalho e o problema de pesquisa. Essa análise, ao lado da revisão de literatura, poderá proporcionar boas ideias para a nova intervenção.

O objetivo desse trabalho é descrever os resultados de uma pesquisa que tratou de um estudo sobre princípios de design iniciais, e como podem ser utilizados na construção de um produto educacional, a partir de uma revisão bibliográfica em teses e dissertações sobre o tema Integral de Riemann e Integral de Lebesgue.

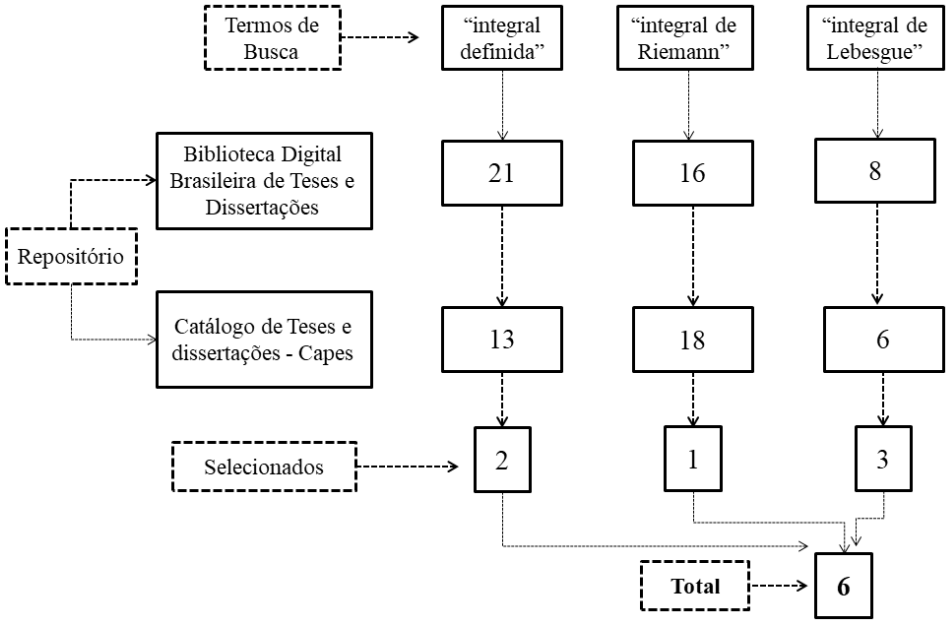
2. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, sendo o levantamento dos princípios de design iniciais uma parte fundamental na fase de pesquisa preliminar. Esses princípios podem fornecer subsídios teóricos para a construção de um produto educacional.

Para a revisão bibliográfica foram realizadas buscas em dois repositórios que são amplamente utilizados para esse tipo de pesquisa: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Os termos utilizados para as buscas foram: “integral definida”, “integral de Riemann” e “integral de Lebesgue”. As buscas foram realizadas por teses e dissertações.

Na primeira busca, utilizando o termo “integral definida”, foram encontrados 34 trabalhos, com a expressão “integral de Riemann” foram 34 trabalhos e, por fim, na busca por “integral de Lebesgue” foram encontrados 14. A Figura 1 mostra o processo de busca e seleção.

Figura 1 - Processo de busca e seleção de teses e dissertações.



Fonte: Autoria própria.

Muitos desses trabalhos foram eliminados por estarem distantes do propósito da nossa pesquisa: alguns já na leitura do título, outros ao analisar o resumo, e outros durante a leitura dinâmica do trabalho. Após essa classificação, focamos em

6 trabalhos, acreditando que nesses seria possível encontrar resultados promissores, a partir dos quais poderiam ser elaborados alguns princípios de design para auxiliar na construção do protótipo. No Quadro 1 estão os trabalhos selecionados.

Quadro 1 - Trabalhos selecionados

Ano	Tipo	Autores	Título
2010	Dissertação	Paulo Sérgio Dietrich	Ensino e Aprendizagem da Integral Definida: Contribuições da Engenharia Didática
2013	Tese	Claudete Cargnin	Ensino e aprendizagem da integral de Riemann de funções de uma variável real: possibilidades de articulação da utilização de mapas conceituais com a teoria dos registros de representações semióticas
2016		João Lucas de Oliveira	A utilização de softwares dinâmicos no Ensino de Análise Real: um estudo sobre a construção do conceito de Integral de Riemann.
2006	Tese	Luzia Aparecida Palaro	A concepção de educação matemática de Henri Lebesgue
2015	Dissertação	Thiago Linhares Brant Reis	INTEGRAL DEFINIDA: conteúdos de ensino e estratégias de aprendizagem
2019	Dissertação	Wagner Luiz Moreira Dos Santos	A Integral de Riemann Generalizada

Fonte: Autoria própria.

No próximo item, serão detalhados o processo de revisão bibliográfica, a forma de levantamento dos princípios de design iniciais e como estes foram inseridos na construção do protótipo 1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A revisão em teses e dissertações foi feita com o objetivo de entender o contexto em que o trabalho foi desenvolvido, público alvo envolvido, métodos e recursos utilizados e por fim, a análise dos resultados. A partir disso, foi possível descrever alguns resultados promissores que servirão como princípios de design iniciais para a construção do protótipo 1. Após a leitura, elaboramos um pequeno resumo sobre o trabalho, seguido por um trecho destacando os resultados que consideramos promissores.

Como exemplo, trazemos o trabalho de Cargnin (2013), focado no ensino de Integrais Definidas. Consiste na construção, aplicação e avaliação de uma sequência didática alicerçada na Teoria de Registro de Representação Semióticas e Teoria das Situações Didáticas, tendo como metodologia de pesquisa engenharia

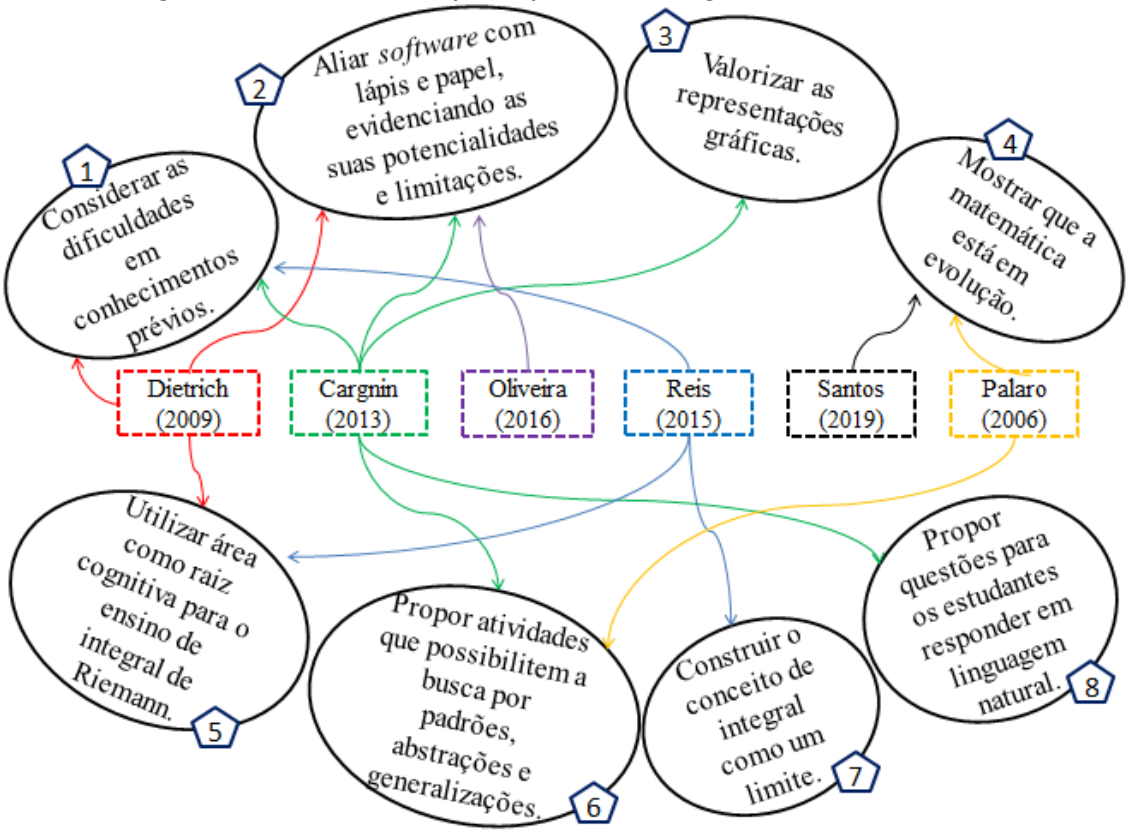
didática. Foram utilizados os Mapas Conceituais como instrumento didático de acompanhamento. A sequência didática foi aplicada por meio de um minicurso, em um grupo de treze alunos de 1º a 3º períodos dos cursos de Engenharia Civil, de Engenharia Ambiental, Engenharia de Produção e Licenciatura em Química. Além do uso de um software para a elaboração dos Mapas Conceituais, foram utilizados o *GeoGebra* e o *WxMaxima* como recursos didáticos na resolução das atividades. Alguns pontos desse trabalho poderão ser aproveitados como princípios de design, considerando fatos promissores que já foram observados com essa pesquisa.

O primeiro ponto é o relato dos alunos em relação à escrita em língua natural. Isso possibilitou aprendizagem com a escrita no papel de alguns conceitos, em linguagem natural. Por outro lado, a pesquisadora enfatiza a dificuldade dos alunos nas representações algébricas e nas notações usadas nas definições. A própria pesquisadora sugere aproveitar as representações em linguagem natural, que, nesse caso, os alunos apresentaram mais facilidade, para fazer a passagem e estimular as representações algébricas. Ressalta também a importância das representações gráficas no interesse dos alunos e na análise dos conceitos estudados. Em relação ao uso de recursos computacionais, promover o confronto entre os resultados fornecidos pelo software e o que foi desenvolvido pelo aluno, e o estímulo de discussões entre os estudantes acerca do conteúdo em estudo, são fatores potenciais para a aprendizagem. No entanto, é preciso tomar cuidado para que dificuldades em conhecimentos prévios não sejam mascarados pelo uso do software, como a autora diz ter ocorrido com os conceitos relacionados às frações, potências, entre outros. O conceito de função, fundamental para o estudo de Integrais Definidas, não estava bem compreendido por grande parte dos alunos. Por isso, após a aplicação da sequência didática, a autora elaborou uma sequência de atividades específicas para um estudo introdutório, antes de abordar conceitos diretamente relacionados às Integrais Definidas. Uma sugestão da pesquisadora, que em muito pode influenciar na elaboração de atividades, é a proposição de tarefas que estimulem a busca por padrões: favorece a abstração do aluno e prepara-o para a compreensão de novos conceitos.

O esquema apresentado na Figura 2 organiza de forma sucinta o que consideramos como princípios de design iniciais. Esses princípios foram baseados

nos resultados das teses e dissertações, considerando que são de contextos semelhantes e, quando empregados na prática de ensino, mostraram resultados promissores. Além disso, eles corroboram com as experiências dos participantes do grupo colaborativo e dos pesquisadores.

Figura 2 - Síntese dos princípios de design com base na literatura.



Fonte: Autoria própria.

Todas essas informações, que chamamos de princípios de design iniciais, foram, de alguma forma, incorporadas nas atividades do protótipo 1. Além desses, que não apareceram explicitamente nas teses e dissertações relacionadas, os pesquisadores e o grupo de colaboração pensaram em outros princípios de design que seriam fundamentais, considerando as características do conteúdo e do contexto local.

9 *- Propor atividades que coloquem o estudante como protagonista da sua aprendizagem;*

10 *- Atividades em ordem crescente de dificuldade que ao final de um bloco possibilitem abstrações, generalizações e a definição de um conceito;*

11 *- Possibilitar aos alunos entenderem as diferenças entre os conceitos de integral de Riemann, primitiva e integral de Lebesgue;*

Para exemplificar o uso desses princípios de design iniciais, apresentamos o Quadro 2 com a atividade 1.3, que faz parte da Unidade 1 do protótipo 1. Essa atividade foi pensada para ser feita com lápis e papel num primeiro momento e depois utilizando o *GeoGebra*, com a intenção de facilitar os cálculos e melhorar a visualização. Nessa atividade, consideramos que os estudantes iriam construir a noção de soma superior e soma inferior e, além disso, com o refinamento da partição, perceberiam a convergência dessas somas, inferior e superior, para o mesmo valor. Os princípios de design iniciais 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 foram aplicados na elaboração dessa atividade.

Quadro 2 – Atividade 1.3

Atividade 1.3: Considere a região A limitada por $f(x) = x^2$, pelo eixo x e pelas retas $x = 0$ e $x = 1$.

a) Divida o intervalo $I = [0,1]$ ao meio e encontre área aproximada da região A calculando a área, a partir de retângulos, por falta e por excesso.

b) Divida o intervalo $I = [0,1]$ em 3 partes iguais e encontre área aproximada da região A calculando a área, a partir de retângulos, por falta e por excesso. Compare os resultados com os encontrados na letra a.

c) Divida o intervalo $I = [0,1]$ em 4 partes iguais e encontre área aproximada da região A calculando, a partir de retângulos, a área por falta e por excesso. Compare com os resultados anteriores. O que você observa?

d) Você pode melhor visualizar o resultado anterior utilizando o GeoGebra. Preencha a tabela. (Para visualizar os resultados, basta mover o controle deslizante do Applet)

Número de Retângulos	5	10	15	20	30	50
Área por falta						
Área por excesso						

e) O que você observa da relação entre as somas por falta e por excesso na medida em que n, número de retângulos, cresce?

Se dividirmos o intervalo $I = [0,1]$ em n partes iguais, qual é a expressão da área aproximada para a região A por falta e por excesso? O que acontece quando n cresce indefinidamente?

Fonte: Autoria própria.

De forma semelhante, em todas as atividades do protótipo 1, procuramos utilizar os princípios de design iniciais na elaboração das atividades.

4. CONCLUSÃO

Finalizando, neste trabalho mostramos uma forma de realizar uma revisão

bibliográfica dentro da metodologia de pesquisa baseada em design, com o objetivo de levantar princípios de design iniciais e demonstrar como podem ser utilizados na construção de um produto educacional.

Enfatizamos que todos os princípios de design iniciais, do 1 ao 11, foram fundamentais para a caracterização do protótipo 1. A partir deles, foi possível planejar atividades que possibilitaram resultados promissores no ensino e na aprendizagem dos conceitos envolvidos e favoreceram a validação do protótipo 1.

A validação do protótipo 1 e dos princípios de design iniciais foi realizada com base nos resultados obtidos após a aplicação desse protótipo em uma turma de Análise Matemática. A partir da análise dos resultados, feita no material produzido pelos estudantes participantes da pesquisa, foi possível constatar a compreensão dos conceitos de Integral de Riemann e de Integral de Lebesgue. Além disso, foram identificados aspectos que indicam que, a partir das atividades, os estudantes demonstraram indícios de Pensamento Matemático Avançado, como a generalização dos conceitos a partir de atividades exploratórias, o levantamento de conjecturas, o uso de representações mentais e visuais, e a utilização de propriedades do objeto a partir da definição.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais aos integrantes do grupo de colaboração e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

CARGNIN, C. **Ensino e aprendizagem da Integral de Riemann de funções de uma variável real: possibilidades de articulação da utilização de Mapas Conceituais com a teoria dos Registros de Representações Semióticas**. 2013. 417 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

COBB, P.; CONFREY, J.; DISESSA, A.; LEHRER, R.; SCHAUBE, L. Design experiments in educational research. **Educational Researcher**, Thousand Oaks, v. 32, n. 1, p. 9-13, jan./fev. 2003.

COBB, P.; JACKSON, K.; DUNLAP, C. Design research: An analysis and critique. In: ENGLISH, L. D.; KIRSHNER, D. (Eds.). **Handbook of international research in Mathematics Education**. 3rd ed. New York, NY: Routledge, 2016. p. 481-503.

DIETRICH, P. S. **Ensino e Aprendizagem da Integral Definida: Contribuições da Engenharia Didática**. 2010. 127 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática) – Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2010.

GRAVEMEIJER, K.; COBB, P. Design research from the learning design perspective. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. (Eds.). **Educational design research, Part A: An introduction**. Enschede: SLO, 2013. p. 72-113.

MATTA, A. E. R.; SILVA, F. P. S.; BOAVENTURA, E. M. Design-based research ou pesquisa de desenvolvimento: metodologia para pesquisa aplicada de inovação em educação do século XXI. **Revista da FAEEBA: Educação e Contemporaneidade**, Salvador, v. 23, n. 42, p. 23-36, jul./dez. 2014.

OLIVEIRA, J. L. de. **A utilização de softwares dinâmicos no Ensino de Análise Real: um estudo sobre a construção do conceito de Integral de Riemann**. 2016. 143 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

PALARO, L. A. **A concepção de educação matemática de Henri Lebesgue**. 2006. 340 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006.

PLOMP, T. Educational design research: An introduction. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. (Eds.). **An introduction to educational design research**. Enschede: SLO, 2007. p. 9-35.

PLOMP, T. Pesquisa-Aplicação em Educação: Uma introdução. In: PLOMP, T. (Org., Ed.). **Pesquisa-Aplicação em Educação**. São Paulo: Artesanato Educacional, 2018. p. 25-66.

REIS, T. L. B. **Integral Definida: conteúdos de ensino e estratégias de aprendizagem**. 2015. 238 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Instituto de Ciências Humanas, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SANTOS, W. L. M dos. **A Integral de Riemann Generalizada**. 2019. 71 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

VAN DEN AKKER, J.; GRAVEMEIJER, K.; McKENNEY, S.; NIEVEEN, N. (Ed.). **Educational design research**. London: Routledge, 2006. 163 p.