

A Teoria dos Registros de Representação Semiótica e Múltiplas Representações na Educação Matemática: uma Revisão Sistemática de Literatura

The Theory of Registers of Semiotic Representations and Multiples Representation in Mathematics Education: a Systematic Literature Review

Ana Lara de Goes^{*a}; Daniel Trevisan Sanzovo^a; Lucken Bueno Lucas^a; Simone Luccas^a

^aUniversidade Estadual do Norte do Paraná Programa de Pós-Graduação em Ensino. PR, Brasil.

*E-mail: analara.goes@hotmail.com.

Resumo

Este trabalho objetivou realizar uma Revisão Sistemática de Literatura para investigar o que se tem publicado, no Brasil, a respeito da Teoria dos Registros de Representação Semiótica e Múltiplas Representações em Educação Matemática, na última década. Para a metodologia e análise de dados foram utilizados os preceitos da Análise de Conteúdo e para a constituição do *corpus* foram definidas como bases de busca a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, o Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e o *Google Acadêmico*. Como resultados foram identificadas três categorias e onze subcategorias que versam sobre temas, estratégias e registros semióticos abordados em sala de aula. Identificou-se a carência de publicações relacionadas ao ensino de Trigonometria, Probabilidade, Análise Combinatória, Matemática Financeira e Conjuntos Numéricos. Quanto às estratégias, observou-se a predominância de abordagens tradicionais de ensino. Por fim, na categoria dos registros de representação semióticos verificou-se a recorrência das representações em língua natural.

Palavras-chave: Teoria dos Registros de Representação Semiótica. Múltiplas Representações. Educação Matemática. Ensino.

Abstract

This work aimed to conduct a Systematic Literature Review to investigate what has been published in Brazil regarding the Theory of Registers of Semiotic Representation in Mathematics Education in the last decade. For the methodology and data analysis, the precepts of Content Analysis were used, and for the constitution of the corpus, the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations, the Catalog of Theses and Dissertations of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel, the Periodicals Portal of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel, and Google Scholar were defined as search bases. As results, three categories and eleven subcategories were identified, addressing themes, strategies, and semiotic registers discussed in the classroom. A lack of publications related to the teaching of Trigonometry, Probability, Combinatorial Analysis, Financial Mathematics, and Numeric Sets was identified. Regarding strategies, there was a predominance of traditional teaching approaches. Finally, in the category of semiotic representation registers, the recurrence of representations in natural language was observed.

Keywords: *Theory of Registers of Semiotic Representation. Multiple Representations. Mathematics Education. Teaching.*

1 Introdução

Podemos compreender um objeto matemático como um conceito abstrato sujeito a definições formais e passível de raciocínio dedutivo e provas matemáticas. De acordo com Duval (2012), devido a esse caráter de abstração, os objetos matemáticos não são diretamente acessíveis à percepção ou à experiência intuitiva imediata, como seriam, por exemplo, objetos ditos físicos ou reais. Assim, para acessá-los, é necessário recorrer ao uso de representações semióticas.

Para Duval (2009), é importante distinguir o objeto matemático de sua representação, pois um mesmo objeto pode ser expresso por meio de diversas formas de representações distintas. Sob uma perspectiva psicológica, as imagens e concepções mentais que um indivíduo pode ter sobre um objeto ou situação podem ser comunicadas por meio da linguagem natural, gráficos, figuras geométricas, fórmulas algébricas, entre outras formas.

Diante disso, percebe-se que para a Educação Matemática as diferentes representações semióticas são indispensáveis tanto para a comunicação quanto para o desenvolvimento de atividades. Isso vai de encontro com o proposto pela Base Nacional Comum Curricular (2018) no que diz respeito ao desenvolvimento de habilidades para o enfrentamento de situações problemas em diversos contextos, no qual devem ser explorados diferentes registros e linguagens, como os gráficos, tabelas, esquemas, além de texto escrito na língua materna e outras linguagens para descrever algoritmos, como fluxogramas, e dados.

De acordo com Laburú e Silva (2011) estimular o uso de múltiplas representações favorece os processos de ensino e de aprendizagem no sentido de que cada representação oferece uma face do conceito a ser explorado e auxilia o professor a identificar se o aluno apresentou alguma evolução conceitual. Em consonância a isso, Ainsworth (1999; 2006) aponta

que uma nova representação pode complementar, restringir ou aprofundar o conhecimento sobre determinado objeto matemático.

Em vista disso, o presente trabalho busca responder a seguinte questão: *O que se tem publicado, no Brasil, a respeito da Teoria dos Registros de Representação Semiótica e Múltiplas Representações em Educação Matemática, na última década?*

Com o propósito de entender quais objetos matemáticos, estratégias e registros de representação semiótica estão sendo abordados em sala de aula atualmente, realizamos uma revisão sistemática de literatura na qual analisamos vários estudos que abordam a Teoria dos Registros de Representação Semiótica (Duval, 1993; 1995; 2009; 2012) e as Múltiplas Representações (Ainsworth, 1999; 2006) na Educação Básica, obedecendo-se os pressupostos da Análise de Conteúdo (Bardin, 2011), os quais estão destacados em seções específicas neste artigo. A seguir, discorre-se sobre os referenciais teóricos considerados no levantamento.

2 Desenvolvimento

2.1 Teoria dos registros de representação semiótica

A Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Raymond Duval (1995) é uma abordagem que analisa o funcionamento cognitivo da aprendizagem das matemáticas levando em consideração os modos de acesso ao objeto matemático e as formas de sistemas semióticos que permitem representá-los. Segundo Duval (2009) as representações semióticas podem ser compreendidas como produções constituídas pelo emprego de regras de sinais que o indivíduo dispõe para exteriorizar suas representações mentais.

Duval (2012) ressalta que é inerente ao funcionamento cognitivo do pensamento humano uma diversidade de registros de representação semiótica. O autor denomina por *semiósis* a apreensão ou produção de uma representação semiótica e por *noésis* a apreensão conceitual de um objeto, além de enfatizar que não há *noésis* sem *semiósis* no ensino de Matemática, visto que não existe conhecimento matemático que um indivíduo possa manipular sem a equivalente atividade de representação. Contudo, o autor argumenta que a coordenação de diversos registros de representação semiótica é fundamental para evitar a confusão entre os objetos matemáticos e suas representações, possibilitando o reconhecimento dos objetos em cada uma delas. Nesse contexto, um sistema semiótico só pode ser considerado um registro de representação se permitir três atividades cognitivas essenciais inerentes à *semiósis*: a formação de uma representação identificável, o tratamento e a conversão.

Segundo Duval (2003), a primeira atividade tem como finalidade evocar um objeto real, obedecendo-se às regras de conformidade que são as responsáveis por definir um sistema de representação, bem como suas unidades de registro. Isso pode ser feito através de diversos sistemas, tais como

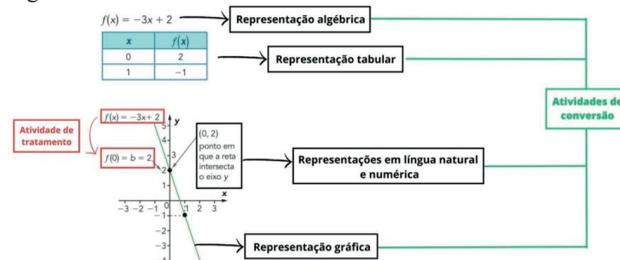
a formulação de uma frase na língua nativa, o desenho de uma figura geométrica, a escrita de uma fórmula algébrica, esquemas, gráficos, entre outros.

A segunda atividade cognitiva envolve o tratamento das representações semióticas, que pode ser entendido como uma transformação de representação interna a um registro de representação ou sistema. Na Matemática, podemos exemplificar esse processamento com os cálculos realizados em sistemas de escrita simbólica utilizando algarismos e letras dentro do mesmo sistema de escrita numérica.

Por fim, a terceira atividade diz respeito à conversão de representações, que consiste na transformação da representação de um objeto, situação ou informação de um registro semiótico para outro registro semiótico diferente. Exemplos disso incluem a ilustração de uma frase, a transposição de uma imagem para um texto descritivo ou a expressão dos dados de um enunciado na forma equacional.

Na Figura 1 é possível identificar várias formas de representação semiótica no livro «Matemática em Contextos» (Dante, 2020) durante o estudo da função afim. Essas representações oferecem uma visualização das três atividades cognitivas fundamentais relacionadas à *semiósis*.

Figura 1 - Exemplo das atividades de tratamento e conversão de registros



Fonte: dados da pesquisa.

Evidenciamos os distintos registros de representações semióticas em conjunto, empregados para explorar a função afim. A figura exemplifica a atividade de manipulação de representações no contexto algébrico (à esquerda, em vermelho), bem como as atividades de conversão entre as representações algébrica, tabular e gráfica (à direita, em verde).

Nessa perspectiva, Duval (2003) enfatiza que a compreensão Matemática se dá quando houver o uso coordenado de ao menos dois registros semióticos distintos e conversão espontânea de um sistema semiótico em outro.

2.2 Múltiplas representações

De acordo com Faria e Laburú (2021) os modos representacionais se caracterizam pela reapresentação de um mesmo conceito de diversas formas ou linguagens diferentes, que podem ser de caráter descritivo (representações verbais, gráficas, tabulares, diagramáticas, fotográficas, por mapas ou cartas), experimental e matemático, figurativo, gestual ou corporal, sendo a multiplicidade representacional a reunião

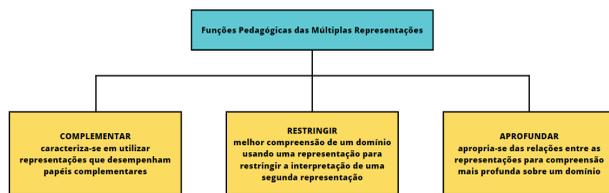
dessas diferentes formas de representar um raciocínio, os processos e descobertas dos alunos.

Os autores ainda afirmam que as Múltiplas Representações devem ser compreendidas como meios ou recursos perceptivos nos quais os modos representacionais podem ser expressos, pensados, comunicados ou executados.

Nesse sentido, a investigação de Sanzovo (2017) mostrou que a estratégia de diversidade representacional pode contribuir para que os estudantes alcancem níveis de significado mais aprofundados acerca do conteúdo específico estudado.

Por sua vez, Ainsworth (1999, 2006) evidenciou que uma justificativa comum para se utilizar mais de uma representação na aprendizagem se dá pela possível captura do interesse do aluno, desempenhando papel importante na promoção no seu desenvolvimento. A autora descreve uma taxonomia funcional para as Múltiplas Representações baseada em três funções principais de aprendizagem, são elas: complementar, restringir e aprofundar, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - As funções pedagógicas das Múltiplas Representações



Fonte: dados da pesquisa.

A função de complementar se caracteriza em utilizar representações que apresentem informações e/ou processos que se complementam para que os alunos se beneficiem das vantagens de cada representação. Tal ação somente é possível devido à uma única representação poder não ser capaz de abranger todas as informações sobre um domínio ou para casos em que a combinação de todas as informações relevantes de uma representação poderia complicar demais a tarefa a ser realizada pelo aluno.

Essa abordagem é recomendada quando uma única representação não consegue capturar todas as informações relevantes de um domínio específico ou quando a combinação delas tornaria a tarefa do aluno excessivamente complexa. Um exemplo disso é o uso de equações, tabelas e gráficos em simuladores de Física (Ainsworth, 2014).

A função de restringir possui o objetivo de ajudar os alunos no desenvolvimento de uma melhor compreensão de um domínio usando uma representação para restringir sua interpretação de uma segunda representação. Isso pode ser obtido de duas maneiras, pelo emprego de uma representação familiar para apoiar a interpretação de uma interpretação menos familiar ou mais complexa, ou explorando propriedades de uma representação para restringir a interpretação de uma segunda. Como exemplo ilustrativo, Ainsworth (2014) faz menção ao emprego de uma animação que ilustra um exemplo

concreto para complementar um gráfico dinâmico.

A função de aprofundar pode ser considerada uma forma de utilizar as Múltiplas Representações para ensinar a relação entre representações, isto é, leva a uma compreensão mais profunda sobre um domínio ao ampliar o conhecimento aplicando conceitos já conhecidos pelo aluno em novas situações. Nesta função, o uso coordenado das representações é extremamente importante, visto que as falhas na tradução das representações podem desfavorecer o processo de aprendizagem. Demonstrar a relação entre gráficos de posição e velocidade em relação ao tempo, a fim de aprofundar o entendimento sobre funções e derivadas, exemplifica essa abordagem (Ainsworth, 2014).

Ainda segundo Ainsworth (1999) ao iniciar a abordagem por meio das Múltiplas Representações a vinculação pode ser fornecida completamente entre as representações, isto é, a tradução entre estas deve ser desencorajada. À medida que a experiência aumenta, a conexão pode ser substituída por alguns sinais de ligação entre as representações, sendo que neste caso a tradução deverá ser automática.

Finalmente, se os alunos puderem realizar a coordenação entre as representações, então eles deverão ser capazes de trabalhar independentemente em qualquer uma das representações. Em outras palavras, as três funções principais estabelecidas para as Múltiplas Representações estarão sempre associadas aos objetivos delineados para uma determinada tarefa.

Procedimentos metodológicos

Godoy (1995) define pesquisa qualitativa como um esforço que não visa quantificar os eventos estudados ou empregar instrumental estatístico na análise dos dados, mas sim partir de questões ou focos de interesses amplos, que vão se definindo à medida que o estudo se desenvolve.

No que tange a Revisão Sistemática de Literatura (RSL), a pesquisa foi fundamentada nos preceitos de Kitchenham (2004), que a descreve como sendo o principal método para levantamento e síntese dos estudos científicos fundamentados na revisão criteriosa de uma investigação. A RSL torna-se relevante por possibilitar a identificação da concentração ou dispersão de pesquisas de determinada temática, bem como a detecção de lacunas que podem ser analisadas a partir de estudos adicionais, ou seja, ela possibilita levantar, avaliar e interpretar as pesquisas disponíveis que atendam a(s) questão(es) de uma temática de interesse.

Neste sentido, foram definidas as questões de pesquisa da RSL, bem como as bases de dados para buscas e critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos. Para auxiliar na organização das ações de busca, foram elaboradas três questões de pesquisa (QP), sendo estas: QP1: Quais conteúdos específicos da Matemática estão sendo ensinados por meio da Teoria dos Registros de Representação Semiótica e Múltiplas Representações na Educação Básica? QP2: De que forma a Teoria dos Registros de Representação Semiótica e Múltiplas

Representações está sendo abordadas em sala de aula? **QP3:** Quais Registros são mobilizados em atividades que envolvem a Teoria dos Registros de Representação Semiótica e Múltiplas Representações?

Assim, considerando-se as questões norteadoras da RSL, foram definidas como bases de busca a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), o Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes e o *Google Acadêmico*.

Na sequência, foram estabelecidos como descritores sistemáticos de busca (*strings*) os termos ‘Multimodos’ OR ‘Múltiplas Representações’ AND ‘Educação Matemática’ AND ‘Teoria dos Registros de Representações Semióticas’ OR ‘Teoria dos Registros de Representação Semiótica’.

Após isso, ainda com base nas questões de pesquisa da RSL e respeitar o rigor metodológico da pesquisa, foram estabelecidos como critérios de inclusão trabalhos do tipo: (i) Dissertações, teses e artigos (estratos A1, A2, A3 e A4 elencados pela Plataforma Sucupira de classificação Qualis no quadriênio 2017 a 2020) em Língua Portuguesa; (ii) Abordagem na Teoria dos Registros de Representação Semiótica, Múltiplas Representações e Educação Matemática em sala de aula; (iii) Estudos primários; (iv) Trabalhos que se referem à Educação Básica publicados no período de 2012 a 2022.

Desse modo, o processo de organização do material se deu de forma manual, no qual, inicialmente, foi realizada a leitura dos títulos, das palavras-chave e dos abstracts e percebeu-se que alguns trabalhos não continham todas as informações necessárias nessas seções, então, como alternativa a isso, foi realizada a leitura das seções metodológicas.

Na etapa de exploração do material, foi construída uma planilha no Excel contendo os títulos, codificação, nome dos autores, ano de publicação, extrato, tipicidade e instituição de ensino de todos os trabalhos encontrados. Após a leitura dos abstracts e seções metodológicas, foram descartados os trabalhos que não respeitavam os critérios de inclusão, indisponíveis *online* ou que apresentaram duplicidade com os demais bancos de busca.

Finalizando os procedimentos metodológicos, a análise dos dados foi pautada nos pressupostos da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011) obedecendo os três polos cronológicos propostos pela autora que se constituem em (i) pré-análise (organização), (ii) exploração do material e o (iii) tratamento dos resultados.

Análise dos dados

A análise dos dados do presente trabalho, foi conduzida com base nos três polos cronológicos propostos por Bardin (2011), conforme sintetizado na Figura 3.

Figura 3 - Passos da Revisão Sistemática de Literatura



Fonte: dados da pesquisa.

Na fase da pré-análise, a partir da utilização dos descritores nas quatro bases de dados, foram encontradas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações 1 trabalho, para o Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES 11 trabalhos, para o Portal de Periódicos da CAPES 31 trabalhos e para o Google Acadêmico 192 trabalhos.

Para os trabalhos cuja fonte de busca foi o Portal de Periódicos da CAPES, inicialmente foram encontrados 198 arquivos, então, como auxílio na aplicação dos critérios de corte, foram utilizados filtros da própria plataforma para a exclusão de trabalhos dos tipos livros, *web resources*, atas de congressos e documentos em idiomas inglês e espanhol. Deste modo, restaram 31 trabalhos, sendo 26 artigos e 5 dissertações.

Diante disso, restaram 31 trabalhos, sendo um da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, três do Portal de Periódicos da CAPES e 27 do Google Acadêmico. Cabe salientar que após a aplicação dos critérios de inclusão, para o Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES restou apenas um trabalho, o qual apresentou duplicidade com o encontrado na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, por esse motivo, foram descartados os trabalhos desse banco de dados.

Na fase da exploração do material, com o intuito de viabilizar a apresentação dos dados, optamos por separá-los em dois grupos, de Dissertações e Teses, que apresenta as pesquisas de forma mais expansiva, e de Artigos que, por sua vez, mostram uma perspectiva mais sintética das investigações. Assim, o Quadro 2 apresenta as Dissertações e Teses encontradas na BDTD e no *Google Acadêmico* (GA), apresentando em suas colunas em sequência a sequência, título, autoria, ano de publicação, tipicidade e banco de dados, respectivamente.

Quadro 2 - Dissertações e Teses

Seq	Título	Autoria	Ano	Banco de Dados
1	Integração multimodal e coordenação de representações semióticas em atividades de função do 1º grau	Renata A. de Faria	2017	BDTD
2	Um estudo das concepções de estudantes do ensino médio sobre o conceito de função com base na teoria dos registros de representações semióticas.	Lidiane P. de Carvalho	2017	GA
3	Modelagem Matemática nos anos iniciais do ensino fundamental: um olhar para os registros de representação semiótica.	Andréia R. Teixeira Nunomura	2021	GA
4	Os registros de representação semiótica na aprendizagem das grandezas massa e comprimento por meio de uma atividade de modelagem Matemática na perspectiva sociocrítica	Wasley Antonio Ronchetti	2018	GA
5	As concepções da álgebra articuladas aos conteúdos de Matemática no ensino fundamental.	Jailma Ferreira Guimarães	2013	GA
6	Conversão entre os registros de representação gráfico e algébrico da função afim: análise a partir da interpretação global de propriedades figurais	José R. de Araújo	2021	GA
7	As contribuições dos registros de representação semiótica no processo de ensino aprendizagem da função afim: um experimento com alunos do 1º ano do ensino médio do instituto federal do maranhão/IFMA campus avançado rosário.	Willanickson J. Santos Lago	2018	GA
8	O conceito de função: da operacionalização da definição à aprendizagem significativa	Jerson Sandro Santos de Souza	2017	GA
9	Ensino de pirâmides no ensino médio: uma sequência didática apoiada na teoria de registro de representação semiótica	Ricardo Almeida dos Santos	2021	GA
10	Compreensão de ideias essenciais ao ensino-aprendizagem de funções via resolução, proposição e exploração de problemas	Ledevande Martins da Silva	2013	GA
11	Uma sequência de atividades com enfoque em representações dinâmicas para o desenvolvimento de conhecimentos de semelhança de triângulos	Clara Alice Ferreira Cabral	2019	GA
12	O número como signo: relatos de uma experiência de ensino de frações a partir das teorias sociointeracionistas e dos registros de representações semióticas	Fernanda M.A. Besouchet Martins	2012	GA
13	Tarefas exploratórias-investigativas para a aprendizagem de função afim	Fábio Luiz Dias Tozo	2016	GA
14	A construção do conceito de número racional no sexto ano do ensino fundamental	Vanessa da Silva Alves	2014	GA
15	As representações semióticas no estudo de inequações no ensino médio	Diego da Silva Queiroz	2021	GA
16	O trabalho educativo com o software de geometria dinâmica no quinto ano do ensino fundamental	Viviane A. de Souza	2017	GA
17	Aprendizagem de estatística na EJA com tecnologia: uma sequência didática com base nos registros de representação semiótica	Reinaldo Feio Lima	2014	GA
18	Representações mobilizadas nas turmas de 1º ano do colégio de aplicação da universidade federal de Sergipe no ensino de função afim e quadrática	Leonel Ricardo M. Meneses	2014	GA
19	Praxeologia do professor: uma investigação do conceito de fração sob a ótica da teoria antropológica do didático	Roberto Nogueira de Sousa Lopes	2020	GA
20	A mobilização dos registros de representação semiótica na prática pedagógica do processo de ensino-aprendizagem dos números racionais	Láís Isabele Proença	2021	GA
21	A teoria dos registros de representação semiótica em um ambiente virtual de aprendizagem: uma proposta metodológica explorando os conceitos de ponto, reta e circunferência no ensino médio.	Joseide J. Dallemole	2019	GA
22	A conversão entre representações semióticas: um estudo no domínio das frações à luz de Duval e Vergnaud	Larissa E. de Lima Santana	2018	GA
23	Transformação de frações em números: uma experiência no ensino fundamental.	Izabela C. C. Ananias	2019	GA
24	Compreensão conceptual de sistemas lineares: estudo de caso com o software geogebra em celulares	Vanessa I. Cataneo	2020	GA

Fonte: Os autores.

Na BDTD encontramos somente o trabalho publicado por Faria (2017) que investigou a coordenação de representações semióticas do objeto matemático ‘função do primeiro grau’ para estudantes do 1º ano do Ensino Médio, com ênfase nas Funções Pedagógicas das Múltiplas Representações a respeito das transformações de tratamento, conversão e coordenação

Já no *Google Acadêmico* foram encontrados 23 trabalhos. Dentre eles, Guimarães (2013) desenvolveu sequências de atividades para o estudo das relações algébricas entre grandezas e estruturas e destacou a importância de não se ter materiais em que os exercícios aparecem prontos, mas que o professor saiba escolher e elaborar situações-problema que possibilitem a investigação e elaboração de estratégias de resolução.

Jerson Sandro Santos de Souza (2017) realizou um levantamento acerca da tradição de ensino do conceito de Função com o objetivo de identificar alguns aspectos facilitadores da sua operacionalização. O autor também elaborou três sequências didáticas com base na Engenharia Didática que foram aplicadas no Ensino Médio.

Silva (2013) investigou as compreensões de ideias essenciais de funções por alunos e analisaram as contribuições da metodologia de ensino e aprendizagem de Matemática por meio da resolução, proposição e exploração de problemas em uma turma do Ensino Médio.

Araújo (2021) apontou a carência da abordagem de interpretação global, proposta por Raymond Duval (2011), das propriedades figurais para a correta leitura e interpretação das representações por parte dos alunos.

Carvalho (2017) elaborou, aplicou e validou uma situação didática para o ensino do conceito de Função fundamentada na Teoria dos Registros de Representação Semiótica e utilização do software *Geogebra*. Nesta pesquisa, a autora observou que os alunos apresentaram maior dificuldade nas tarefas que envolviam conversão de representações.

Tozo (2016) verificou as dificuldades de tratamentos e conversões no ensino e aprendizagem da ‘função afim’ por meio da aplicação de tarefas exploratório-investigativas e constatou que as atividades instigaram os alunos no processo de generalização do conceito e caracterização da função por meio do registro em língua natural.

Queiroz (2021) analisou o desempenho dos alunos do Ensino Médio ao abordar o objeto matemático ‘inequação do primeiro grau’ em uma abordagem pautada na conversão de registros de representação semiótica.

Meneses (2014) que analisou as representações matemáticas mobilizadas por alunos do Ensino Médio durante o ensino de ‘função afim’ e ‘função quadrática’ a partir do livro didático “Matemática: Contexto e Aplicações” (Dante, 2008) e fotocópias dos cadernos de quatro alunos participantes.

Lago (2018) avaliou as contribuições dos registros de representação semiótica no processo de ensino e aprendizagem de alunos do Ensino Médio pautado na Engenharia Didática, e verificou que as maiores dificuldades encontradas pelos

alunos se concentraram na mobilização dos registros gráficos para outros.

O trabalho de Santos (2021) utilizou uma sequência didática aliada ao software *Geogebra* para investigar como as dimensões inferiores de uma pirâmide são percebidas pelos alunos. Dentre os resultados apresentados, destaca-se a produção e conversão de registros de representação necessários ao aprendizado de geometria.

Cabral (2019) elaborou uma sequência de atividades com enfoque em representações dinâmicas acerca do ensino de ‘semelhança de triângulos’ utilizando o software *Geogebra*, sendo possível identificar que a postura adotada pelo professor possui papel fundamental na eficácia da sequência de atividades.

Viviane Aparecida de Souza (2017) buscou compreender a viabilidade do software de Geometria Dinâmica no processo de ensino e aprendizagem de geometria em turmas do Ensino Fundamental.

Proença (2021) se preocupou em analisar como a prática docente pode interferir no processo de aquisição e articulação dos diferentes registros de representação semiótica dos ‘números racionais’ por meio da aplicação de uma sequência didática para alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental durante aulas síncronas e assíncronas.

Alves (2014) desenvolveu e aplicou uma sequência didática destinada à promoção da apropriação do conceito de ‘número racional’ em uma turma do Ensino Fundamental adotando os pressupostos da Engenharia Didática.

Martins (2012) que aplicou e avaliou os resultados de estratégias e atividades lúdicas e significativas desenvolvidas para o ensino e aprendizagem de ‘frações’ em duas turmas do Ensino Fundamental. Os resultados da pesquisa apontaram que o ensino baseado nas teorias abordadas é mais significativo do que o método tradicional.

Lopes (2020), que investigou se as praxeologias do professor estão próximas ou distantes das propostas pelos autores do livro didático “Vontade de Saber Matemática” de Souza e Pataro (2015) sobre o ensino de ‘frações’ em uma turma do Ensino Fundamental.

Nunomura (2021) abordou o desenvolvimento de atividades de modelagem Matemática no ensino de ‘grandezas e medidas’ para alunos dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, o que propiciou visualizar que a aprendizagem é subsidiada pelos diferentes registros que os alunos produzem.

Ronchetti (2018), que investigou a aprendizagem das grandezas de ‘massa’ e ‘comprimento’ a partir de uma atividade de modelagem Matemática sobre o ‘lixo orgânico’ e sua transformação em ‘adubo orgânico’. Segundo o autor, essa abordagem ajudou na aprendizagem dos alunos acerca do objeto matemático.

Lima (2014) objetivou compreender as contribuições de uma sequência didática sobre representações tabular e gráfica com o uso de tecnologias para a aprendizagem de Estatística na Educação de Jovens e Adultos. O autor verificou que

atividades de leitura e interpretação de tabelas e gráficos proporcionaram a exploração de diferentes registros de representação semiótica, tais como registros em língua natural e numérico, além de promover o tratamento, conversão e coordenação entre registros.

Em relação às Teses, o trabalho de Santana (2018) afirma que os maiores obstáculos na aprendizagem de ‘frações’ estão relacionados com a multiplicidade de situações e representações relacionados a esse objeto matemático. Nesse sentido, a autora propõe investigar como a conversão desse conteúdo é afetada por diferentes competências, sentidos, situações e representações semióticas.

Ananias (2019) abordou as diferentes representações na apreensão das ‘frações’ como parte de inteiro. Para isso, elaborou atividades inspiradas na metodologia de *Design Experiment* e constatou o amadurecimento dos alunos na compreensão de ordem e posição das ‘frações’ em retas numéricas, bem como na correspondência a resultados de divisões entre números naturais.

Dalemolle (2019) investigou a implementação de uma

proposta metodológica para o Ensino Médio sobre os conteúdos de ‘geometria analítica’ articulada com os registros de representação semiótica por meio de um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), identificando o desenvolvimento de habilidades matemáticas e as dificuldades apresentadas pelos alunos.

Por fim, Cataneo (2020) investigou a potencialização da compreensão conceitual sobre ‘sistemas lineares de primeiro grau’ a partir de atividades de conversão de registros de representação semiótica mediadas pelo software *Geogebra* no Ensino Fundamental, e observou que o uso individual e consciente do software em sala de aula, como ferramenta de apoio, contribuiu para o interesse e produtividade dos alunos.

Em relação aos artigos, o Quadro 3 reúne as publicações encontradas no banco de dados Portal de Periódicos da CAPES e no *Google Acadêmico* (GA) que corresponderam aos critérios de inclusão determinados para essa pesquisa, apresentado em suas colunas a sequência, o título, a autoria, o ano de publicação, a tipicidade e o banco de dados, respectivamente.

Quadro 3 - Artigos

Seq	Título	Autoria	Ano	Banco de Dados
25	O geogebra 3d na construção da pirâmide a partir de seu tronco: registros de representação semiótica	José Carlos Pinto Leivas Anne D. Hasselmann Bettin Valdir Pretto	2018	CAPES
26	Uma análise semiótica e cognitiva na aprendizagem de áreas de triângulos e quadriláteros	Cleide Ribeiro Mota Arinos José Luiz M. de Freitas Mustapha Rachidi	2021	CAPES
27	(Re)Pensar a apropriação dos significados dos conceitos científicos com uso de softwares de Matemática	Roberto Preussler Neiva Ignês Grando	2013	CAPES
28	Coordenação e multiplicidade representacional em uma atividade de função do 1º grau	Carlos Eduardo Laburú Renata Aparecida de Faria	2018	GA
29	Conexão entre múltiplas representações em atividades de função polinomial do 1º grau	Renata Aparecida de Faria Carlos Eduardo Laburú	2021	GA
30	Geogebra classroom: uma plataforma virtual com ferramentas Matemáticas interativas.	Jeferson Lima Ivanete Zuchi Siple	2021	GA
31	Um estudo sobre a aprendizagem de função exponencial no ambiente computacional	Mariana Silva Mendonça Rogério Fernando Pires	2018	GA

Fonte: dados da pesquisa.

O trabalho de Leivas, Bettin e Pretto (2018) versa sobre o uso de *softwares* de geometria dinâmica para a abordagem da geometria no Ensino Médio, cujo objetivo foi analisar a mobilização dos Registros de Representação Semiótica utilizando o *Geogebra* 3D como ferramenta.

Arinos, Freitas e Rachidi (2020) analisaram as mudanças de representação e de registro no cálculo de áreas de triângulos e quadriláteros por meio de atividades de exploração heurística das figuras, possibilitando o desenvolvimento da autonomia, novas formas de aprender, raciocinar e olhar figuras geométricas.

Preussler e Grando (2013) analisaram o processo de formação de conceitos de funções trigonométricas por meio

dos softwares *Cabri-Géomètre* e *Graphmatica* o que permitiu visualizar as implicações de tais tecnologias nos processos de aprendizagem de conteúdos matemáticos.

O trabalho publicado por Lima e Siple (2021) traz um relato de experiência sobre a utilização de uma nova ferramenta do *Geogebra*, denominada *Classroom*, no ensino remoto. Nesse trabalho, os autores abordam a execução de uma atividade que contemplou questões sobre o índice de transmissão da COVID-19, explorando os diferentes tipos de representação de ‘funções’.

Mendonça e Pires (2018), constataram a construção do conhecimento sobre ‘função exponencial’ a partir da mobilização, manipulação e coordenação das representações utilizando o software *Geogebra* como ferramenta de aprendizagem.

Laburú e Faria (2018) e Faria e Laburú (2021) investigaram a mobilização e a coordenação de diferentes representações semióticas no estudo das ‘funções do primeiro grau’ e observaram a inferência das Funções Pedagógicas das Múltiplas Representações nas atividades desenvolvidas com uma turma de Ensino Médio.

2.4.1 Categorização e Tratamento dos resultados e interpretações

Ao realizar o levantamento proposto neste artigo nota-se que houve uma produção frequente de teses e dissertações envolvendo as temáticas de interesse, com ênfase no ano de 2021, que concentrou 21% dos títulos. Outro fator relevante foi observar que a quantidade de publicação no ano de 2015 foi inexistente e, em 2016, somente 1 dissertação. Em relação aos artigos, essa regularidade frequencial não se manteve, haja vista que somente um trabalho foi publicado em 2013, 3 em 2018 e 3 em 2021, ou seja, de toda produção pesquisada somente 23% corresponde a publicação de artigos e o percentual restante (77%) envolve teses e dissertações.

Outro aspecto relevante refere-se às coautorias. É possível notar que somente uma dissertação (Faria, 2017) gerou a publicação de dois artigos em (2018 e 2021) em parceria com outro autor, as demais produções são de autores distintos. Isso revela que não há tradição na continuidade de publicações entre trabalhos desenvolvidos em mestrados e doutorados e suas divulgações em forma de artigos e o quanto é necessário que este tipo de publicação ocorra, considerando que grande parte das RSL ou Mapeamentos de pesquisas são realizadas em bases de dados de periódicos.

Durante as análises, as questões norteadoras da pesquisa foram retomadas e, para respondê-las, foram elencadas três categorias à priori, sendo estas: unidades temáticas, estratégias de ensino e registros mobilizados. Após isso, foi possível observar algumas similaridades nos trabalhos e consequentemente a emergência de onze subcategorias, as quais apresentamos na Figura 4.

Figura 4 - Categorias e Subcategorias



Fonte: dados da pesquisa.

A categoria ‘unidades temáticas’ compreende os

conteúdos específicos de Matemática abordados nos trabalhos analisados, os quais puderam ser organizados apoiando-se nas Unidades Temáticas sugeridas pela Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018).

Logo, na subcategoria ‘números’, estão dispostos os trabalhos cuja finalidade foi de desenvolver o pensamento numérico, sendo encontradas 2 teses e 3 dissertações que versaram sobre Números Racionais.

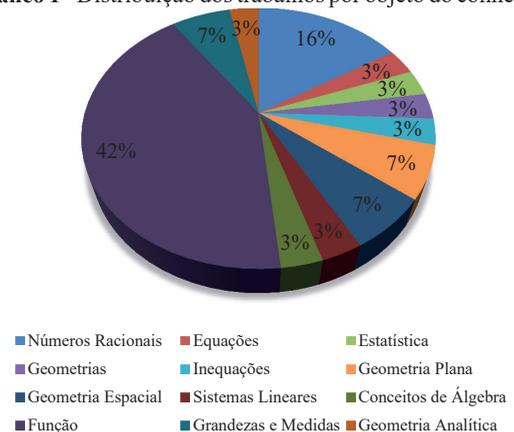
Já a subcategoria ‘álgebra’ contém os trabalhos destinados ao desenvolvimento do pensamento algébrico, dos quais foram encontrados duas teses, 10 dissertações e cinco artigos, sendo destes 13 trabalhos referentes ao assunto funções, um de sistemas lineares, um de equações algébricas, um de inequações algébricas e um sobre conceitos de álgebra.

A subcategoria ‘geometria’ contém os trabalhos que versaram sobre o desenvolvimento do pensamento geométrico, sendo encontrados uma tese, três dissertações e dois artigos, de modo que destes, um abordava conceitos de geometria analítica, dois de geometria espacial, dois de geometria plana e um trabalho articulou as geometrias simultaneamente.

Para a subcategoria ‘estatística’ foi encontrado apenas um trabalho que versou a respeito do tratamento e interpretação de dados. Ressalta-se que não foi encontrado nenhum trabalho na temática Probabilidade e, por esse motivo, a subcategoria não levou o título de Estatística e Probabilidade.

Por fim, a subcategoria ‘grandezas e medidas’ reúne os trabalhos que propuseram o estudo das medidas e das relações entre elas, sendo encontradas 2 dissertações nesse tópico. A distribuição percentual de trabalhos por conteúdo matemático pode ser visualizada no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Distribuição dos trabalhos por objeto do conhecimento



Fonte: dados da pesquisa.

A categoria ‘estratégias de ensino’ dispõe estratégias utilizadas em sala de aula para abordagem dos conteúdos matemáticos, das quais emergiram duas subcategorias. A subcategoria ‘atividades’ reúne os trabalhos em que houve a aplicação de sequências de atividades ou sequências didáticas sem o uso de tecnologias, dos quais se enquadraram 19 trabalhos (13 dissertações, três teses e três artigos). Já a subcategoria ‘tecnologias de informação’ engloba os

trabalhos que utilizaram softwares associados às atividades como ferramenta para auxiliar na visualização das diversas representações, totalizando 12 trabalhos (seis dissertações, duas teses e quatro artigos).

A categoria ‘registros mobilizados’ contempla os tipos de registros de representação semiótica que mais foram mobilizados pelos alunos nas atividades, dos quais observouse a emersão de quatro subcategorias organizadas conforme a classificação de Duval (2003). A subcategoria ‘monofuncional discursivo’ compreende os registros de tratamentos algoritmizáveis em sistemas de escrita, onde constatou-se a maior incidência de mobilizações de registros numérico (17),

2 trabalhos. O Quadro 4 apresenta as representações mobilizadas em cada trabalho analisado.

algébrico (18) e tabular (16).

A subcategoria ‘monofuncional não-discursivo’ inclui os registros de tratamento algoritmizáveis que não podem ser expressos na forma discursiva, tais como registros gráficos mobilizados em 21 trabalhos. Já a subcategoria ‘multifuncional discursivo’ engloba os registros de tratamento não algoritmizáveis em sistemas de escrita, como os registros em língua natural mobilizados em 23 trabalhos. Por fim, a subcategoria ‘multifuncional não-discursivo’ contém os registros de tratamento não algoritmizáveis que não podem ser expressos na forma discursiva, a exemplo dos registros figurais mobilizados em 19 dos trabalhos e maquetes identificadas em

Quadro 4 - Tipo de registro de representação semiótica mobilizado por trabalho

Tipo de Registro	Número do Trabalho																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
Numérico																																	
Algébrico																																	
Simbólico																																	
Tabular																																	
Aritmético																																	
Gráfico																																	
Língua Natural																																	
Figural																																	
Maquete																																	

Fonte: dados da pesquisa.

Por meio do Quadro 4 é possível observar que cada trabalho abordou, em média, 4 tipos de registros de representação distintos com maior ênfase nas classificações monofuncional-discursivo e multifuncional-discursivo, isso implica numa maior facilidade de mobilização de registros em sistemas de escrita, tal como retratado nos trabalhos com mobilizações em registros numérico, algébrico, tabular e em língua natural.

3 Conclusão

A realização dessa pesquisa tornou possível identificar o que se tem publicado no Brasil a respeito da Teoria dos Registros de Representação Semiótica e Múltiplas Representações na Educação Matemática na última década. Do mesmo modo, possibilitou visualizar que uma pequena

quantidade (13,2%) dos trabalhos publicados abordaram essas temáticas de modo articulado.

A partir da categoria ‘unidades temáticas’ constatou-se a preocupação dos autores quanto ao ensino de Álgebra, mais especificamente sobre o objeto do conhecimento ‘funções’, que representou cerca de 76,5% dos trabalhos encontrados para essa categoria. Ademais, foi observada a carência de publicações relacionadas ao ensino de conteúdos como trigonometria, probabilidade, análise combinatória, matemática financeira e conjuntos numéricos, além de não serem identificados trabalhos voltados à modalidade de ensino Educação Especial. Com isso, aponta-se a necessidade da produção de trabalhos com investigações acerca desses assuntos.

Por meio da categoria ‘estratégias de ensino’ se observou que softwares têm sido amplamente utilizados como recursos complementares de aprendizagem, mas que ainda há a predominância em abordagens tradicionais de ensino. Desse modo, também identificamos a necessidade de pesquisas voltadas para o uso da tecnologia conjunta à Teoria dos Registros de Representação Semiótica e às Múltiplas Representações, visto que o ensino por meio da tecnologia prepara os alunos para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo, ajudando-os a desenvolver habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas, criatividade, colaboração e alfabetização digital.

Na categoria ‘registros mobilizados’ constatou-se que todos os trabalhos fizeram uso de tipos diversos de registro de

representação semiótica, com destaque nas representações em língua natural (74,2%), seguida dos registros gráficos (67,7%) e figurais (61,3%). Da mesma forma, foi identificado o baixo uso em registros dos tipos aritmético (16,1%) e simbólico (13%), assim, ressaltamos a necessidade da produção de trabalhos que investiguem a preferência por tipos específicos de registros em atividades de Matemática.

Por fim, reconhecemos, por meio de todos os trabalhos reunidos nesta revisão sistemática de literatura, que as ideias propostas pela Teoria dos Registros de Representação Semiótica em conjunto com as Múltiplas Representações possuem um grande potencial no que diz respeito à aprendizagem matemática, pois ao considerarmos as diversas representações de um objeto matemático ao longo das atividades, podemos desfazer a tendência dos alunos de vincularem os objetos a apenas uma forma de representação.

Agradecimento

Agradecemos ao CNPq pelo apoio à pesquisa.

Referências

- AINSWORTH, S. The functions of multiple representations. *Comp. Educ.*, v.33, n.2/3, p.131-152, 1999.
- AINSWORTH, S. DeFT: a conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning Instruction*, v.16, n.3, p.183-198, 2006.
- AINSWORTH, S. The multiple representations principle in multimedia learning. In: MAYER, R. *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. p.464-486.
- ALVES, V.S. A construção do conceito de número racional no sexto ano do ensino fundamental. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014.
- ANANIAS, I C.C. Transformação de frações em números: uma experiência no Ensino Fundamental. 2019. Dissertação (Mestrado em Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.
- ARAÚJO, J.R. Conversão entre os registros de representação gráfico e algébrico da função afim: análise a partir da interpretação global de propriedades figurais. 2021. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.
- ARINOS, C.R.M.; FREITAS, J.L.M.; RACHIDI, M. Uma análise semiótica e cognitiva na aprendizagem de áreas de triângulos e quadriláteros. *Educ. Matem. Pesq.*, v.23, n.1, p.420-447, 2020.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018.
- CABRAL, C.A.F. Uma sequência de atividades com enfoque em representações dinâmicas para o desenvolvimento de conhecimentos de semelhança de triângulos. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.
- CARVALHO, L.P. Um estudo das concepções de estudantes do ensino médio sobre o conceito de função com base na teoria dos registros de representações semióticas. 2017. Dissertação (Mestrado de Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2017.
- CATANEO, V.I. *Compreensão conceptual de sistemas lineares: estudo de caso com o Software Geogebra em celulares*. 2020. Tese (Doutorado em Ciências da Linguagem) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2020.
- CRESWELL, J. *Research design: qualitative and quantitative approaches*. Thousand Oaks: SAGE Publications. 1994.
- DALLEMOLE, J.J. A teoria dos registros de representação semiótica em um ambiente virtual de aprendizagem: uma proposta metodológica explorando os conceitos de ponto, reta e circunferência no ensino médio. 2019. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2019.
- DANTE, L.R. *Matemática: contexto e aplicações*. São Paulo: Ática, 2008.
- DANTE, L.R. *Matemática em contextos: função afim e função quadrática*. São Paulo: Ática, 2020.
- DUVAL, R. *Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée*. *Ann. Didact. Sci. Cognitives*, Strasbourg, v.5, p.35-65, 1993.
- DUVAL, R. *Sémiosis et pensée humaine*. Bern: Peter Lang, 1995.
- DUVAL, R. *Registros de Representações Semióticas e Funcionamento Cognitivo da Compreensão em Matemática*. In: MACHADO, S.D.A. *Aprendizagem em matemática*. Campinas: Papirus, 2003.
- DUVAL, R. *Semiósis e pensamento humano: registro semiótico e aprendizagens intelectuais*. São Paulo: Livraria da Física, 2009.
- DUVAL, R. *Gráficos e equações: a articulação de dois registros*. *Revemat*, v.6, n.2, p.91-112, 2011.
- DUVAL, R. *Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento*. *Revemat*, v.7, n.2, p.266-297, 2012
- FARIA, R.A. *Integração Multimodal e Coordenação de Representações Semióticas em Atividades de Função do 1º Grau*. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.
- FARIA, R.A.; LABURÚ, C.E. *Conexão entre múltiplas representações em atividades de função polinomial do 1º Grau*. *Rematec*, v.16, p.310-325, 2021.
- GODOY, A.S. *Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades*. *Rev. Adm. Emp.*, v.35, n.2, p.57-63, 1995.
- GUIMARÃES, J.F. *As concepções da álgebra articuladas aos conteúdos de Matemática no Ensino Fundamental*. 2013. Dissertação (Mestrado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2013.
- SOUZA, J.; PATARA, P.M. *Vontade de Saber Matemática*. São Paulo: FTD, 2015.
- KITCHENHAM, B. *Procedures for performing systematic reviews*. UK: Keele University, 2004.
- LABURÚ, C.E.; FARIA, R. A. *Coordenação e Multiplicidade Representacional em uma Atividade de Função do 1º Grau*. *Rev. Paran. Educ. Matem.*, v.7, n.13, p.61-86, 2018.
- LABURÚ, C.E.; SILVA, O.H.M. *Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos*. *Investig. Ens. Ciênc.*, v.16, n.1, p.7-33, 2011.
- LAGO, W.J.S. *As contribuições dos registros de representação semiótica no processo de ensino aprendizagem da função afim: um experimento com alunos do 1º ano do ensino médio do Instituto Federal Do Maranhão/IFMA campus avançado Rosário*.

2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.
- LEIVAS, J.C.P.; BETTIN, A.D.H.; PRETTO, V. O geogebra 3d na construção da pirâmide a partir de seu tronco: registros de representação semiótica. *Didática Educ.*, v.9, n.1, 2018.
- LIMA, J.; SIPLE, I. GeoGebra classroom: uma plataforma virtual com ferramentas matemáticas interativas. *Rev. Paran. Educ. Matem.*, v.10, n.22, p.493-515, 2021.
- LIMA, R.F. Aprendizagem de estatística na EJA com tecnologia: uma sequência didática com base nos registros de representação semiótica. 2014. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- LOPES, R.N.S. Praxeologia do professor: uma investigação do conceito de fração sob a ótica da Teoria Antropológica do Didático. 2020. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.
- MARTINS, F.M.A.B. O número como signo: relatos de uma experiência de ensino de frações a partir das teorias sócio-interacionista e dos registros de representações semióticas. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências da Linguagem), Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2012.
- MENDONÇA, M.S.; PIRES, R.F. Um estudo sobre a aprendizagem de função exponencial no ambiente computacional. *Rev Bras. Inform. Educ.*, v.26, n.2, 2018.
- MENESES, L.R.M. Representações mobilizadas nas turmas de 1º ano do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Sergipe no ensino de função afim e quadrática. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.
- MERTENS, D.M. *Research methods in education and psychology: integrating diversity with quantitative e qualitative approaches*. London: Sage Publications. 1998.
- NUNOMURA, A.R.T. Modelagem matemática nos anos iniciais do ensino fundamental: um olhar para os registros de representação semiótica. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021.
- PREUSSLER, R.; GRANDO, N.I. (Re)Pensar a apropriação dos significados dos conceitos científicos com uso de softwares de matemática. *Rev. Cocar*, v.7, n.14, p.53-65, 2013.
- PROENÇA, L. I. A mobilização dos registros de representação semiótica na prática pedagógica do processo de ensino-aprendizagem dos números racionais. 2021. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2021.
- QUEIROZ, D.S. As representações semióticas no estudo de inequações no ensino médio. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2021.
- RONCHETTI, W.A. Os registros de representação semiótica na aprendizagem das grandezas massa e comprimento por meio de uma atividade de modelagem matemática na perspectiva sociocrítica. 2018. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.
- SANTANA, L.E.L. A conversão entre representações semióticas: um estudo no domínio das frações à luz de Duval e Vergnaud. 2018. Tese (Doutorado em Psicologia Cognitiva) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.
- SANTOS, R.A. Ensino de pirâmides no ensino médio: uma sequência didática apoiada na teoria de registro de representação semiótica. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021.
- SANZOVO, D.T. Níveis Interpretantes alcançados por estudantes de licenciatura em ciências biológicas acerca das Estações do Ano por meio da utilização da estratégia de Diversidade Representacional: uma Leitura Peirceana para sala de aula. 2017. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.
- SILVA, L M. Compreensão de ideias essenciais ao ensino-aprendizagem de funções via resolução, proposição e exploração de problemas. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba,