

## CONCEITOS MATEMÁTICOS PRESENTES EM PESQUISAS BRASILEIRAS INSPIRADAS NA TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA

DOI: <https://doi.org/10.33871/22385800.2024.13.30.378-395>

Saulo Carvalho de Souza Timóteo<sup>1</sup>  
Raylson dos Santos Carneiro<sup>2</sup>  
Idemar Vizolli<sup>3</sup>

**Resumo:** Este artigo apresenta os resultados de um estudo realizado em produções científicas publicadas no Brasil no período de 2013 a 2022, com o objetivo de mapear os conceitos matemáticos presentes em teses, dissertações e artigos científicos, com ênfase na Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) de Raymond Duval e no contexto da Educação Básica. Para tanto foram os seguintes repositórios: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Portal de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Portal de Periódicos da CAPES. A busca foi realizada utilizando a palavra-chave “Representação Semiótica”, ao que foram identificados 943 trabalhos. Após refinamento, seleção e exclusão, foram selecionados 156 trabalhos, sendo 24 teses, 89 dissertações e 43 artigos científicos. Para sistematizar os dados provenientes do *corpus* textual composto pelos resumos das produções selecionadas, utilizou-se o *software* IRaMuTeQ. Por meio das análises multivariadas de Nuvem de Palavras e Análise de Similitude, foi possível visualizar não apenas as ocorrências dos conceitos matemáticos, mas também as relações de coocorrências entre eles no *corpus*. Os resultados obtidos nos trabalhos analisados revelam que os conceitos matemáticos mais abordados são: função, geometria, operações aritméticas e números racionais. As pesquisas demonstram o interesse e engajamento acadêmico na TRRS, destacando sua aplicabilidade na compreensão e no ensino de conceitos matemáticos.

**Palavras-chave:** Teoria de Registros de Representação Semiótica. Mapeamento. IRaMuTeQ.

## MATHEMATICAL CONCEPTS PRESENT IN BRAZILIAN RESEARCH INSPIRED BY THE THEORY OF SEMIOTIC REPRESENTATION REGISTERS

**Abstract:** This article presents the results of a study conducted on scientific productions published in Brazil from 2013 to 2022, aiming to map the mathematical concepts present in theses, dissertations, and scientific articles, with an emphasis on Raymond Duval's Theory of Semiotic Representation Registers (TRRS) and in the context of Basic Education. To this end, the following repositories were used: Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD), CAPES Thesis and Dissertation Portal, and the CAPES Journal Portal. The search was carried out using the keyword “Semiotic Representation”, which identified 943 works. After refinement, selection, and exclusion, 156 works were selected, including 24 theses, 89 dissertations, and 43 scientific articles. To systematize the data from the textual corpus composed of the abstracts of the selected productions, the IRaMuTeQ software was used. Through multivariate analyses of Word Cloud and Similarity Analysis, it was possible not only to visualize the occurrences of mathematical concepts but also the co-occurrence relations among

<sup>1</sup> Doutorando em Educação em Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Programa de Pós-Graduação da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO). E-mail: [saulodede@ifto.edu.br](mailto:saulodede@ifto.edu.br) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6621-6953>.

<sup>2</sup> Doutorando em Educação na Amazônia pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail: [raylson@mail.uft.edu.br](mailto:raylson@mail.uft.edu.br) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4571-5822>.

<sup>3</sup> Doutorado em Educação pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail: [idemar@mail.uft.edu.br](mailto:idemar@mail.uft.edu.br) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7341-7099>.

them in the corpus. The results obtained in the analyzed works reveal that the most addressed mathematical concepts are: function, geometry, arithmetic operations, and rational numbers. The research demonstrates the academic interest and engagement in TRRS, highlighting its applicability in understanding and teaching mathematical concepts.

**Keywords:** Theory of Semiotic Representation Registers. Mapping. IRaMuTeQ.

## Introdução

A Educação Matemática como campo acadêmico tem sua gênese aproximadamente há um século. Segundo Miguel, Garnica, Iglioni e D'Ambrósio (2004), sua consolidação como uma subárea interdisciplinar da Matemática e da Educação ocorreu durante o Congresso Internacional de Matemáticos em Roma, em 1908, com a fundação da Comissão Internacional de Instrução Matemática. Esse marco coincidiu com o crescente reconhecimento da importância da formação de professores de ensino secundário nas universidades, impulsionando a Educação Matemática a ser reconhecida como uma disciplina universitária (KILPATRICK, 1996). Essa evolução destaca a relevância da formação de professores nesse campo e a crescente percepção da Educação Matemática como componente essencial para um ensino eficaz da matemática.

De acordo com Kilpatrick (1996), inicialmente, os educadores matemáticos eram matemáticos preocupados com o método de ensino de sua disciplina. Eles ocasionalmente realizavam pesquisas, mas, na maioria das vezes, dedicavam-se ao ensino e à escrita sobre métodos de ensino da matemática. À medida que a psicologia se tornava a principal “ciência” na escola e os estudantes universitários se preparavam para se tornar professores, começaram a investigar a maneira como as crianças aprendiam Matemática.

No Brasil, a Educação Matemática estabeleceu-se como um campo disciplinar e profissional reconhecido no final da década de 1980. Esse campo de estudo revela uma natureza diversificada, englobando diversas abordagens, tais como etnomatemática, resolução de problemas, uso de tecnologias no ensino de matemática, modelagem matemática, história da matemática, entre outras (VALENTE, 2021). Em essência, essas pesquisas abrangem uma diversidade de temas, especialmente com as investigações pertencentes à esfera da didática e das metodologias de ensino (GATTI, 2021; OLIVEIRA; NEGREIROS; NEVES, 2015). No âmbito da didática, destaca-se o movimento conhecido como “*Didactique des Mathématiques*” de onde origina a Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS).

A TRRS foi elaborada pelo filósofo e psicólogo francês Raymond Duval. Esse renomado pesquisador “desenvolveu fundamentais estudos relativos à Psicologia Cognitiva, que redundaram, dentre outras publicações, em sua obra *Sémiosis et pensée humaine*”

(Machado, 2003, p. 4).

A abordagem de Duval se destaca ao conceitualizar o trabalho intra e inter registro na análise da atividade matemática, fornecendo um arcabouço teórico que complementa o interesse crescente na área de Educação Matemática no Brasil. Um aspecto particularmente relevante é o estudo das demandas cognitivas relacionadas ao tratamento em um registro específico e às conversões entre diferentes registros de representação semiótica (LAGRANGE, 2000).

Duval (2003) destaca a importância da pluralidade de registros de representação na compreensão da matemática. Segundo ele, a utilização de diferentes registros de representação permite uma visão mais abrangente e completa do objeto matemático em estudo. Cada registro tem suas próprias características e possibilita diferentes formas de análise e compreensão. Ao articular e relacionar esses diferentes registros, os estudantes têm a oportunidade de explorar as relações entre eles, identificar padrões e propriedades e construir um conhecimento mais sólido e profundo.

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo é mapear os conceitos matemáticos presentes em dissertações, teses e artigos científicos publicados no Brasil no período de 2013 a 2022, inspirados na Teoria dos Registros de Representação Semiótica e no contexto da Educação Básica. Para tanto, o levantamento de dados deu-se por meio da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), do Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Portal de Periódicos da CAPES. Por sua vez, a análise de dados foi realizada por meio de auxílio do programa IRaMuTeQ, que permite análises textuais de diversas naturezas, incluindo técnicas avançadas como a classificação hierárquica descendente e análises de similitude e análises textuais mais simples como a nuvem de palavras.

Neste artigo, apresentamos inicialmente uma revisão de literatura a respeito da TRRS desenvolvida por Raymond Duval. Na segunda parte, detalhamos os aspectos metodológicos da pesquisa, descrevendo o processo de seleção e refinamento dos textos, bem como uso do *software* IRaMuTeQ no processo de análise dos resultados. Na terceira parte, são apresentados as discussões e os resultados do mapeamento dos trabalhos selecionados. Na última parte, tecemos algumas considerações sobre a pesquisa realizada.

### **Teoria dos Registros de Representação Semiótica**

Raymond Duval, é um renomado pesquisador e teórico da Educação Matemática. Ele possui formação em filosofia e psicologia. Trabalhou no Instituto de Pesquisa em Educação

Matemática (IREM) de Estrasburgo, na França, de 1970 a 1995 (MACHADO, 2003). Sua contribuição abrange uma abordagem epistemológica e cognitiva da Educação Matemática, investigando a maneira como o conhecimento matemático é construído e como seu ensino pode ser mais eficaz. Sua principal obra é *Sémiosis et pensée humaine: Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*, publicada em 1995 e traduzida para o português em 2009 (FREITAS; REZENDE, 2020).

A TRRS, proposta por Duval, desempenha um papel fundamental na compreensão da relação entre diferentes registros de representação e o processo cognitivo da aprendizagem (DUVAL, 2009). Segundo Duval (2012), o foco principal da aprendizagem matemática não deve se limitar apenas à automatização de procedimentos ou à compreensão de conceitos, mas sim à coordenação de múltiplos registros de representação. Assim, essa teoria parte do princípio de que a construção do conhecimento ocorre por meio da interação entre diferentes formas de representação. Para tanto, ele estabelece três perspectivas distintas para o termo representação: representações mentais, internas ou computacionais, e representações semióticas.

As representações mentais, que são construídas internamente pelos indivíduos, “recobrem o conjunto de imagens e, mais globalmente, as conceitualizações que um indivíduo pode ter sobre um objeto, sobre uma situação e sobre o que lhe é associado” (DUVAL, 2012, p. 269). Por exemplo, quando uma pessoa pensa em um objeto como uma cadeira, ela pode ter uma representação mental dessa cadeira em sua mente. Essa representação pode incluir imagens visuais da cadeira, bem como conceitos relacionados a sua função, forma, cor e outros atributos. Conforme Duval (2009), a representação mental é classificada como interna e consciente, desempenhando a função cognitiva de objetivação, que corresponde à descoberta pelo próprio sujeito do que até então ele mesmo não supunha.

As representações internas ou computacionais, segundo Duval (2009, p. 47), “são todas aquelas cujos significantes, de natureza homogênea, não requerem visão de objeto, e que permitem uma transformação algorítmica de uma sucessão de significantes em uma outra”. Assim, essas representações enfatizam um tratamento no qual a ideia de representação é concebida como uma forma interna ou computacional, permitindo a recuperação e combinação das informações externas em seu interior. Nesse tratamento, a ênfase é dada à maneira como uma determinada informação ou conceito é apresentado, em vez de se concentrar em seu conteúdo.

As representações semióticas, que são manifestadas externamente em diferentes registros, são produções que utilizam signos de um sistema de representação com restrições

próprias de significado e funcionamento, como figuras geométricas, enunciados em língua materna, fórmulas algébricas e gráficos, que são considerados representações semióticas inseridas em diversos sistemas semióticos. Os signos são unidades básicas de significado, representados por símbolos, caracteres, letras, siglas, algarismos, dentre outros. Eles são a base para a construção do sentido e das representações (DUVAL, 2011; 2012).

Duval (2003, p. 31) afirma que,

Muitas vezes, as representações “mentais” não passam de representações semióticas interiorizadas. As representações mentais úteis ou pertinentes em matemática são sempre representações semióticas interiorizadas em interação com um tratamento de produção externa de representações semióticas.

Para Duval (2012), as representações semióticas desempenham um papel fundamental no desenvolvimento das representações mentais, na realização de diversas funções cognitivas e na produção de conhecimento, sendo essenciais à atividade cognitiva do pensamento. O autor ressalta que não se pode considerar as representações semióticas como meramente subordinadas às representações mentais, pois o desenvolvimento destas depende da interiorização daquelas. É importante destacar que essas representações são intercomplementares, uma vez que as representações semióticas dependem tanto das representações mentais quanto das representações computacionais para preencher algumas funções cognitivas essenciais, como a função de objetivação e a função de tratamento.

Para Duval (2012, p. 270)

O funcionamento cognitivo do pensamento humano se revela inseparável da existência de uma diversidade de registros semióticos de representação. Se é chamada **semiose** a apreensão ou a produção de uma representação semiótica, e **noesis** a apreensão conceitual de um objeto, é preciso afirmar que a **noesis** é inseparável da **semiose**.

No contexto do pensamento matemático, ao analisar os problemas encontrados pelos alunos na aprendizagem de matemática e os obstáculos que enfrentam, Duval (2009) menciona que é possível reconhecer uma lei fundamental do funcionamento cognitivo do pensamento. Essa lei afirma que a noção de pensamento (*noesis*) não pode existir sem a utilização de pelo menos uma pluralidade de sistemas semióticos (*semiose*), os quais devem ser coordenados pelo próprio sujeito.

Dessa forma, é fundamental mobilizar diferentes registros de representação semiótica, como figuras, gráficos, escrituras simbólicas e língua materna, durante o processo matemático, e ter a capacidade de escolher entre eles. A utilização de múltiplos registros é uma condição necessária para evitar confusões entre os objetos matemáticos e suas representações, e também

para reconhecê-los em cada uma de suas representações. A coordenação de múltiplos registros de representação semiótica é essencial para a apreensão conceitual dos objetos matemáticos, garantindo que o objeto não seja confundido com suas representações e que possa ser reconhecido em cada uma delas. Nesse sentido, uma representação só funciona verdadeiramente como tal quando proporciona acesso ao objeto representado (DUVAL, 2012).

Segundo Duval (2012), uma representação é considerada semiótica quando ela engloba três atividades cognitivas fundamentais relacionadas à *semiose*: a formação de uma representação identificável, o tratamento, e a conversão.

A formação de uma representação identificável como um registro dado pode ocorrer por meio de diversas formas, como a enunciação de uma frase que seja compreensível em uma dada língua natural, a composição de um texto, o desenho de uma figura geométrica, a elaboração de um esquema ou a expressão de uma fórmula. Além disso, a formação de uma representação pode ser comparada à realização de uma tarefa de descrição, e deve respeitar regras de conformidade, como as regras gramaticais para as línguas naturais, as regras de formação num sistema formal ou os entraves de construção para as figuras (DUVAL, 2012).

O tratamento de uma representação consiste na sua transformação dentro do mesmo registro em que foi originalmente formada. Essa transformação é interna ao registro e pode assumir diversas formas, tais como: paráfrase e inferência em língua natural; cálculo em expressões simbólicas; reconfiguração em figuras geométricas; e anamorfose em representações figurais. Cada um desses registros possui suas próprias regras de tratamento (DUVAL, 2012).

A conversão é a transformação de um registro de representação para outro registro também semiótico, preservando todo ou parte do conteúdo da representação original. A conversão desempenha um papel crucial na conceitualização e na ampliação dos diferentes registros de representação, e deve ser examinada para uma melhor compreensão do processo de aprendizagem (DUVAL, 2012).

Para Duval (2003), há dois tipos de fenômenos característicos da atividade de conversão que devem ser considerados em relação a qualquer operação de conversão: variações de congruência e não congruência semântica, e a heterogeneidade de sentidos. As variações de congruência e não congruência semântica referem-se à proximidade ou distanciamento cognitivo entre os registros de partida e chegada nas conversões de duas representações em registros diferentes.



A análise para verificar a congruência semântica na atividade de conversão consiste em comparar a representação no registro de partida com a representação terminal no registro de chegada. Se a representação terminal é claramente perceptível na representação do registro de partida e a conversão se assemelha a uma simples codificação, é considerada uma situação de congruência. Por outro lado, se a representação terminal não é absolutamente clara, ocorre a não congruência (DUVAL, 2003). Para tanto, Duval (2009) propõe três critérios específicos para avaliar o nível de congruência e não congruência semântica entre dois registros de representação semiótica: (1) a possibilidade de uma correspondência “semântica” dos elementos significantes; (2) a univocidade “semântica” terminal; e (3) a organização das unidades significantes. O primeiro critério refere-se à capacidade de estabelecer uma relação entre cada unidade significante presente nas representações nos dois registros que estão sendo analisados. O segundo critério diz respeito à correspondência biunívoca entre cada unidade significante elementar na representação do registro de partida com uma unidade significante elementar na representação terminal do registro de chegada. O terceiro critério refere-se à manutenção da sequência de aparecimento e uso das unidades significativas nas representações dos dois registros durante o processo de conversão.

Quanto à heterogeneidade de sentidos de conversão, Duval (2003) argumenta que a conversão entre representações de um registro de partida para um registro de chegada pode ter um custo cognitivo diferente da conversão inversa (do registro de chegada para o registro de partida). Por exemplo, nos estudos sobre o objeto matemático “função afim”, a conversão da sua lei de formação (registro de representação simbólico algébrico), como registro de partida, para o gráfico (registro de representação figural), como registro de chegada, requer um custo cognitivo diferente da conversão inversa. Na primeira transformação, o estudante pode realizar a conversão de registro de representação por meio da atribuição de valores arbitrários a variável “x” e encontrar os valores correspondentes de “y” substituindo esses valores na expressão “ $y = ax + b$ ”, obtendo assim os pares ordenado que pertencem à reta representativa da função. A transformação inversa não é tão trivial, já que requer uma interpretação global das propriedades figurais, como a inclinação e a intersecção com os eixos coordenados, que devem ser colocadas em correspondência com os elementos correspondentes na representação algébrica.

Em suma, a heterogeneidade de sentidos da conversão implica que diferentes habilidades cognitivas e processos mentais estão envolvidos na conversão em diferentes registros de representação semiótica. A conversão (registro simbólico algébrico para o registro figural) exige uma abordagem mais sistemática e analítica, enquanto a conversão inversa

(registro figural para o registro simbólico algébrico) exige uma interpretação mais global e visual. Compreender a natureza dessa heterogeneidade de sentidos é importante para o ensino e aprendizagem, pois “geralmente, no ensino, um sentido de conversão é privilegiado pela ideia de que o treinamento efetuado em um sentido estaria automaticamente treinando a conversão no outro sentido” (DUVAL, 2003, p. 20).

No contexto abordado, Duval (2009) ressalta que possuir diversos registros de representação não é o suficiente para garantir a compreensão de um objeto matemático. É fundamental estabelecer uma coordenação coerente e significativa entre esses registros, considerando tanto as relações de heterogeneidade de sentidos quanto a congruência semântica. Essa abordagem visa promover uma aprendizagem mais eficaz na área da matemática.

Nesse sentido, a conceitualização de um objeto matemático (*noesis*) ocorre quando os diferentes registros utilizados para representá-lo são coordenados, permitindo a compreensão de que se referem ao mesmo objeto e que podem complementar-se mutuamente. Isso implica não apenas na conversão de um registro para outro, mas também na capacidade de reconhecer que cada registro pode expressar características ou propriedades específicas do objeto que não são evidentes em outros registros (DUVAL, 2009).

Portanto, a TRRS proporciona uma abordagem teórica valiosa para a compreensão das diferentes formas de representação matemática, enfatizando a importância dos registros semióticos e das atividades cognitivas relacionadas à *semiose*. Essa teoria contribui para a melhoria do ensino e aprendizagem da matemática, ao fornecer caminhos sobre como os estudantes podem desenvolver habilidades de coordenação e compreensão conceitual por meio da mobilização de múltiplos registros de representação.

## Metodologia

Esta pesquisa adotou como princípio metodológico o Mapeamento, com o propósito de responder a seguinte questão central: Que conceitos matemáticos estão presentes em dissertações, teses e artigos científicos publicados no Brasil no período de 2013 a 2022, com acento na Teoria dos Registros de Representação Semiótica e no contexto da educação básica?

De acordo com Biembengut (2008, p. 74), o mapeamento é

[...] um conjunto de ações que começa com a identificação dos entes ou dados envolvidos com o problema a ser pesquisado, para, a seguir, levantar, classificar e organizar tais dados de forma a tornarem mais aparentes as questões a serem avaliadas, reconhecer padrões, evidências, traços comuns ou peculiares, ou ainda características indicadoras de relações genéricas, tendo como referência o espaço geográfico, o tempo, a história, a cultura, os valores,



Para Biembengut (2008), embora a palavra “mapeamento” originalmente denote o ato de delinear espaços geográficos ou transferir, classificar e ordenar dados com base em sua distribuição espacial, seu significado no contexto da pesquisa vai além disso. O mapeamento, como princípio metodológico de pesquisa, envolve a compreensão da estrutura e dos elementos presentes, a organização e a representação dos dados em um contexto dinâmico.

Neste contexto, inicialmente, realizamos uma busca em três repositórios oficiais de pesquisas: a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) do Ministério de Ciência e Tecnologia, o Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Portal de Periódicos, que também é vinculado a CAPES, com a finalidade de identificar, por meio da palavra-chave “representação semiótica”, os trabalhos relacionados ao tema desta pesquisa.

No levantamento realizado na BDTD, foram encontrados um total de 323 estudos referentes ao tema desta pesquisa, sendo 64 teses e 259 dissertações. Em seguida foram aplicados os seguintes filtros: (1) idioma [português]; e ano de defesa [2013 a 2022], o resultado foi reduzido a 204 estudos, sendo 49 teses e 155 dissertações. Em continuidade ao processo de refinamento, procedeu-se à leitura dos resumos das teses e dissertações encontradas, aplicando-se o seguinte critério de seleção: pesquisas em Educação Matemática com acento na TRRS e no contexto da Educação Básica. Ao final desse processo, foram selecionados 66 trabalhos, sendo 17 teses e 49 dissertações.

Em relação à busca no catálogo de teses e dissertações da CAPES, inicialmente encontramos 359 trabalhos, sendo 56 teses e 303 dissertações. Para refinar a pesquisa utilizamos os filtros: (1) Ano [2013 a 2022]; (2) Grande Área do Conhecimento [multidisciplinar / ciências humanas / ciências exatas e da terra]; e (3) Área do Conhecimento [educação / ensino / ensino de ciências e matemática / matemática]. Isso resultou em 201 estudos, sendo 33 teses e 168 dissertações. Em seguida, foram lidos os resumos das teses e dissertações, aplicando-se o mesmo critério de seleção adotado na BDTD. No entanto, nesta etapa foram excluídos os trabalhos que já haviam sido selecionados por meio da busca na BDTD. Ao final desses procedimentos chegamos a 7 teses e 40 dissertações.

Para a seleção dos artigos científicos, utilizamos o repositório do Portal de Periódicos da CAPES e foram encontrados 261 resultados. O processo de refinamento deu-se por meio dos seguintes critérios de filtragem: (1) Tipo de recurso [Artigos]; (3) Data de Criação [2013 a 2022]; e (4) Idioma [Português]. Assim, o número de artigos científicos encontrados foi

reduzido para 103. Em continuidade, aplicou-se o mesmo critério de seleção adotado nas buscas referentes às teses e dissertações, resultando em um total de 43 artigos.

Com esses procedimentos chegamos então a 24 teses, 89 dissertações e 43 artigos, totalizando, 156 trabalhos que se enquadram no escopo do presente estudo, cuja análise de dados foi realizada por meio de auxílio do *software Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires* (IRaMuTeQ). Esse programa é gratuito, desenvolvido com base na lógica de código aberto, licenciado sob GNU GPL (v2) e integrado ao ambiente estatístico do *software R* e à linguagem *python* ([www.python.org](http://www.python.org)). O IRaMuTeQ permite uma variedade de análises de dados textuais, que vão desde as mais simples, como a lexicografia básica (cálculo de frequência de palavras), até análises multivariadas (classificação hierárquica descendente, análises de similaridade) (CAMARGO; JUSTO, 2013). A utilização de uma ferramenta tão versátil e sofisticada indica o emprego de técnicas avançadas de análise de dados, o que contribui para a classificação da pesquisa como estado da arte.

Para o tratamento do *corpus*<sup>4</sup> pelo IRaMuTeQ, é necessário, inicialmente, estruturar os resumos extraídos dos trabalhos selecionados. No entanto, para que cada resumo seja reconhecido como um texto pelo programa, a linha de comando deve começar com quatro asteriscos, seguidos por um asterisco e as variáveis correspondentes. Essas variáveis são inseridas por meio de códigos conhecidos pelo pesquisador (CARNEIRO; VIZOLLI, 2021).

Esta pesquisa estabeleceu três variáveis, como apresentadas no Quadro 01, com a finalidade de organizar os textos dos resumos em ordem numérica, por tipo de trabalho e por ano de defesa/publicação.

**Quadro 01:** Descrição das variáveis do *corpus*

Variável	Nomenclatura	Descrição
Número	*n_	Esta variável representa a ordem dos resumos das teses, dissertações e artigos no <i>corpus</i> . Por exemplo: *n_7 representa o resumo do sétimo texto disposto no <i>corpus</i> .
Tipo	*tipo_	Esta variável representa o tipo de trabalho em análise. Sendo: *tipo_1 (tese), *tipo_2 (dissertação) e *tipo_3 (artigo).
Ano de defesa/publicação	*ano_	Esta variável representa o ano de publicação/defesa do trabalho em análise. Sendo: *ano_1 (2013), *ano_2 (2014), ..., *ano_10 (2022).

Fonte: Os autores.

<sup>4</sup> “*corpus* é o conjunto de textos que se pretende analisar, o qual deve ser salvo em um único arquivo, composto por um conjunto de unidades de texto centrado em um único tema” (CARNEIRO; VIZOLLI, 2021, p. 12).

Após a organização dos textos, o pesquisador deve considerar uma série de cuidados referentes a preparação do *corpus* textual a ser inserido no *software*. Um desses cuidados, segundo Carneiro e Vizolli (2021), refere-se aos sinais gráficos constantes no *corpus*. Para esses autores, o pesquisador deve remover aspas, apóstrofes, hífen, cifrão, porcentagem, reticências, asterisco e verbos que usam pronomes na forma de próclise. Além disso, é recomendado evitar formatações no texto, como negrito, itálico e justificado.

Outrossim, caso o pesquisador deseje que uma palavra composta, como “Educação Matemática”, seja corretamente reconhecida pelo IRaMuTeQ como uma palavra composta, é necessário unir as palavras com um *underline*, resultando em "Educação\_Matemática". Caso contrário, o programa entenderá que as palavras “Educação” e “Matemática” são termos distintos, o que pode comprometer a confiabilidade dos resultados obtidos (CARNEIRO; VIZOLLI, 2021).

Neste trabalho, além de unir as palavras compostas com um *underline*, foram feitos ajustes em alguns termos matemáticos, com o propósito de unificar em um único termo, conceitos matemáticos que representam a mesma norma matemática. Por exemplo, os conceitos "função de 1º grau" e "função polinomial do 1º grau" foram reescritos como "função\_afim". Da mesma forma, "função de 2º grau" e "função polinomial do 2º grau" foram transformados em "função\_quadrática". O termo “sistemas de equações lineares” em “sistemas\_lineares”. Além das adaptações mencionadas, outras palavras compostas, consideradas relevantes para a análise dos dados textuais, foram agrupadas da mesma forma, utilizando o *underline* e mantendo a mesma padronização, durante o processo de preparação do *corpus*.

Este trabalho, dentre as diversas opções de tratamento do *corpus* pelo IRaMuTeQ, optou-se pela Análise de Similitude e Nuvem de Palavras. Para Camargo e Justo (2018) a Análise de Similitude é uma abordagem que se baseia na teoria dos grafos e é amplamente utilizada por pesquisadores que estudam representações sociais. Essa teoria busca estudar as relações entre objetos de um determinado conjunto. A fórmula utilizada para representar essa análise é  $G(V, E)$ , onde  $G$  significa grafo e é composto por vértices ( $V$ ) e várias ligações entre dois vértices ( $E$ ). Segundo esses autores, é por meio da Análise de Similitude, que é possível identificar as ocorrências e possibilidades de unidades ocorrerem em combinação com outras palavras. Isso traz indicações sobre a conectividade entre as palavras e auxilia na identificação da estrutura do conteúdo de um *corpus* textual. Essa análise permite identificar como as palavras estão relacionadas e como se organizam em um texto. Além disso, essa análise também permite

identificar as partes comuns e as especificidades em função das variáveis descritivas identificadas na análise.

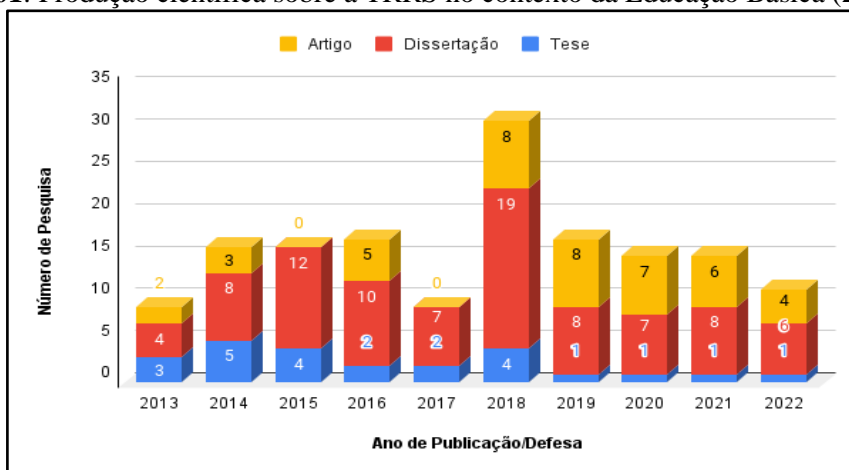
A Nuvem de Palavras é um tipo de análise lexical simples, porém visualmente interessante, oferece um panorama inicial do conteúdo do *corpus*. De acordo com Camargo e Justo (2018), esse tipo de tratamento agrupa as palavras e as organiza graficamente de acordo com sua frequência. Nesse sentido, as palavras de maior frequência são representadas com tamanhos maiores e posicionadas no centro do gráfico, enquanto as palavras menos frequentes são exibidas com fontes menores.

Dessa forma, pode-se compreender que a Nuvem de Palavras é uma técnica que se baseia na frequência das palavras para fornecer uma representação visual do conteúdo textual. Salviati (2017) descreve a Nuvem de Palavras como uma análise lexical que, embora seja mais simples, é bastante interessante, pois permite uma rápida identificação das palavras-chave de um *corpus*. Essa técnica proporciona uma visualização rápida do conteúdo textual, uma vez que as palavras mais importantes estão posicionadas mais próximas do centro e são representadas com fontes maiores.

## Discussão e Resultados

Conforme informado, foram mapeadas 156 produções, conforme apresentado no Gráfico 01, distribuídas por ano de publicação/defesa.

**Gráfico 01:** Produção científica sobre a TRRS no contexto da Educação Básica (2013-2022)



Fonte: Os autores.

Os dados revelam uma ampla adoção da TRRS por mestrandos, doutorandos e pesquisadores, com uma média de publicação/defesa de quinze trabalhos por ano. Notavelmente, observa-se uma produção significativa no âmbito de mestrado em comparação

com a produção de teses e artigos científicos. Além disso, o Gráfico 01 revela que o ano de 2018 registrou o maior número de produções sobre TRRS no contexto da Educação Básica, com um total de 31 produções publicadas.

Em seguida, o *corpus* textual composto pelo resumo das produções científicas foi submetido ao *software* IRaMuTeQ para a sistematização dos dados. Os resumos totalizaram 39163 ocorrências de palavras. Essas ocorrências consistem em 2791 formas distintas, sendo que 1157 delas são consideradas hápax (palavras únicas que aparecem apenas uma vez no *corpus*) e 1634 são palavras que se repetem ao longo dos resumos analisados. Os resultados dessa análise também mostram que cada texto apresenta em média 251 ocorrências de palavras. Esses números revelam a riqueza e a diversidade do *corpus* examinado, proporcionando uma visão abrangente do uso e da frequência das palavras relacionadas à temática em questão. A primeira análise lexicográfica gerada no *software* foi a Nuvem de Palavras, apresentada na Figura 01.

**Figura 01:** Análise Lexicográfica Simples - Nuvem de Palavras



Fonte: Os autores.

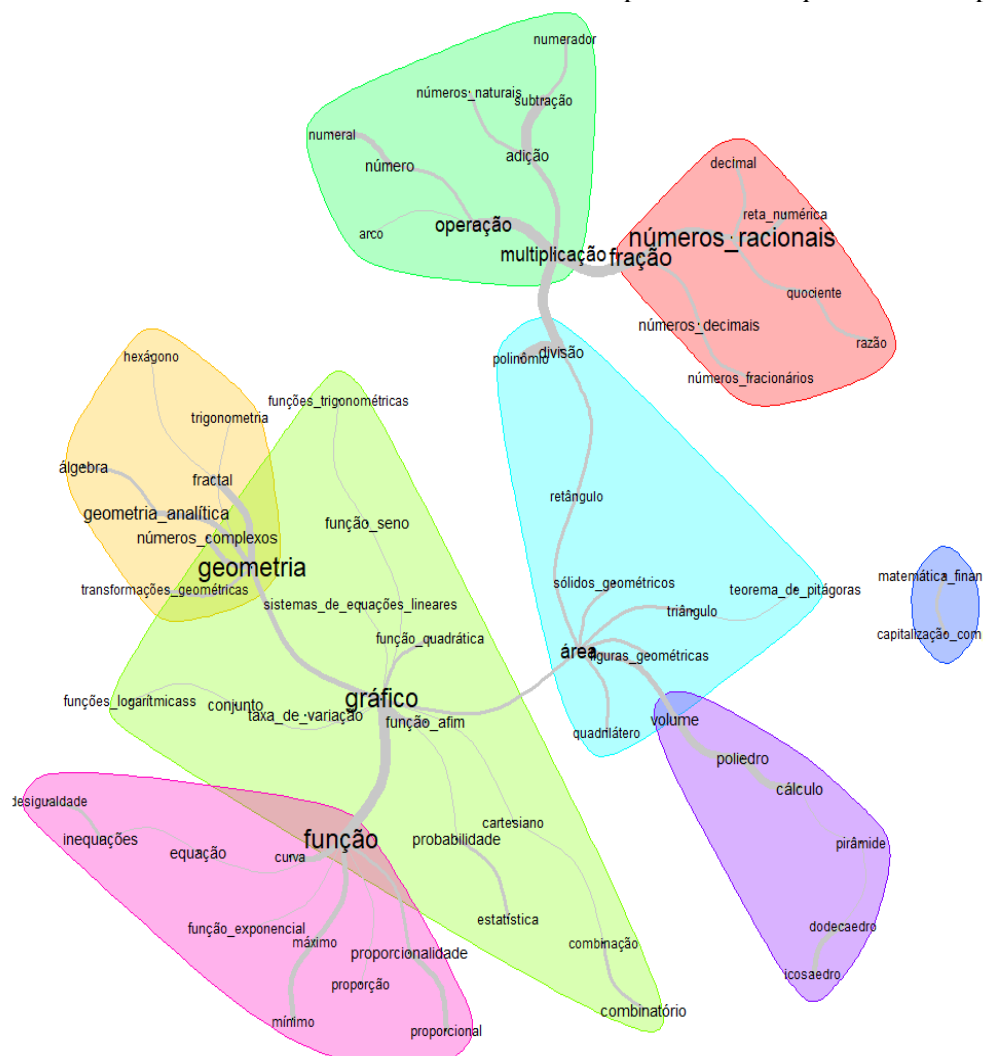
Esse tipo de análise lexicográfica é considerada simples, uma vez que adota apenas o critério do número de ocorrências de uma determinada palavra no *corpus* textual. A Figura 01



confirma que o conjunto de pesquisas selecionadas se concentra em investigações realizadas no campo da Educação Matemática no contexto da Educação Básica, com ênfase nos estudos da TRRS. Isso é evidenciado pelo destaque na evocação das palavras “representação”, “registro”, “aluno”, “semiótica”, “ensino”, “aprendizagem”, “matemática”, “matemático”, “professor”, “ensino médio”, “conversão” e “ensino fundamental”, tanto em relação ao tamanho da fonte utilizada na sua escrita quanto na centralidade das mesmas na Nuvem de Palavras. Asseveramos que a frequência da evocação desses termos reverbera sua importância no conjunto dos textos dos resumos considerados para análise.

Outra forma utilizada para analisar os dados desta pesquisa foi a Análise de Similitude, possibilitando a verificação da conectividade entre as palavras e a identificação da estrutura do conteúdo do *corpus* textual. Para evitar uma poluição visual no gráfico exposto pela Figura 02, foram selecionadas apenas as palavras relacionadas a conceitos matemáticos.

**Figura 02:** Análise de Similitude dos conceitos matemático presente do *corpus* textual da pesquisa



Fonte: Os autores.



Ao olhar o gráfico da Análise de Similitude, é possível identificar 8 (oito) folhas formando 5 (cinco) núcleos: gráfico, função, geometria; área, volume; operação; números\_racionais; matemática\_finan. Estes são constituídos por conglomerado de termos ou mesmo conceitos matemáticos conectados entre si por linhas mais ou menos espessas. Em alguns casos as folhas estão dispostas de modo a interconectarem-se umas às outras, vide gráfico, função, geometria, assim como área, e volume. Em três blocos as folhas ficam dispostas mais ou menos próximas ou mesmo conectadas entre si, cujos termos estão ligados por linhas. Três folhas estão dispostas separadamente e em duas delas é possível verificar conexão e há ainda uma folha deslocada e sem conexão com as demais, mas seus termos estão interligados entre si. Os termos/conceitos estão interligados por meio de conexões vinculadas à Matemática.

Dentre os núcleos gerados em torno de palavras que possuem interligações, destacam-se os que tem como palavra central “gráfico” e “operação”, por terem conexões com outros três e dois núcleos, respectivamente, e devido à espessura de suas conexões. O núcleo cuja palavra central é “gráfico” está interconectado aos núcleos em que as palavras em destaque são: “geometria”, “função” e “área”, evidenciando que os gráficos apresentados nas produções científicas, referem-se à representação figural dos diversos tipos funções, de equações e fórmulas, assim como figuras geométricas bidimensionais e tridimensionais. Já o núcleo onde a palavra central é “operação” faz a ligação entre os núcleos que tem como centralidade as palavras “área” e “números racionais”, indicando uma presença de trabalhos que abordam as operações com números racionais utilizando a TRRS, com destaque para o objeto matemático fração, e que utilizam a área de figuras como uma forma de representar essas operações.

De maneira geral, a análise das interconexões sugere que os principais conceitos matemáticos abordados na Educação Básica, com ênfase na perspectiva da TRRS, englobam o estudo de funções, particularmente as polinomiais do 1º e 2º grau, exponencial, logarítmica e trigonométrica. Além disso, abrangem temas de geometria, tanto plana e quanto espacial, envolvendo áreas e volumes, e também relacionado à geometria analítica. As operações aritméticas, especialmente com os números racionais, também são destaque nesse contexto.

Esses resultados fornecem uma visão abrangente dos conceitos matemáticos mais recorrentes e interligados, no contexto de pesquisas em que a TRRS é abordada. Essa compreensão dos conceitos centrais pode orientar práticas pedagógicas e currículos, destacando a importância do desenvolvimento de habilidades relacionadas a esses tópicos no ensino e aprendizagem de matemática na Educação Básica.

## Considerações

Ao realizar um levantamento nos repositórios do Portal de Periódicos e Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e da BDTD do Ministério de Ciência e Tecnologia, com o objetivo de mapear as produções científicas que abordam conceitos matemáticos presentes em teses, dissertações e artigos científicos, com uma ênfase na utilização da TRRS na Educação Básica, pudemos obter *insights* valiosos sobre os enfoques adotados nesse campo.

Os resultados obtidos a partir da análise dos resumos de 24 teses, 89 dissertações e 43 artigos, com o auxílio de análises lexicográficas proporcionadas pelo *software* IRaMuTeQ, revelam uma concentração significativa de estudos em torno de conceitos matemáticos essenciais, destacando-se os conceitos de funções, geometria, operações aritméticas e números racionais. Esses achados corroboram a relevância da TRRS como uma estrutura conceitual poderosa para o ensino e aprendizado de matemática na Educação Básica.

No entanto, é evidente a necessidade contínua de investigação e desenvolvimento nesse campo, a fim de expandir o nosso entendimento dos conceitos matemáticos presentes na Educação Básica, mas também conhecer e compreender novas abordagens e metodologias para aprimorar o ensino e a aprendizagem dos alunos.

Contudo, este estudo proporcionou uma visão abrangente e detalhada dos conceitos matemáticos abordados na Educação Básica, destacando o papel central da TRRS como uma lente teórica eficaz para a compreensão e o desenvolvimento do ensino de matemática. Esperamos que os resultados apontados por este trabalho inspirem futuras pesquisas e contribuam com o avanço da prática educacional no campo da matemática.

## Referências

BIEMBENGUT, M. S. **Mapeamento na pesquisa educacional**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais. **Temas psicologia**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 2, p. 513-518, dez. 2013. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.9788/TP2013.2-16>>. Acesso em: 14 abr. 2023.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. **Tutorial para uso do software Iramuteq**. Iramuteq, 2018. Disponível em: <http://iramuteq.org/documentation/fichiers/tutoriel-portugais-22-11-2018>. Acesso em: 20 abr. 2023.

CARNEIRO, R. dos S.; VIZOLLI, I. Produções Acadêmicas em Educação Matemática na Amazônia Legal Brasileira: um olhar a partir do IRaMuTeQ. **Revista Exitus**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e020190, 2021. DOI: 10.24065/2237-9460.2021v11n1ID1690. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.ufopa.edu.br/index.php/revistaexitus/article/view/1690/1051>. Acesso em: 15 abr. 2023.

DUVAL, R. Registros de representação semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em matemática. In: MACHADO, S. D. A. (Org.). **Aprendizagem em matemática: registros de representação semiótica**. Campinas: Papirus, 2003. p. 11-33

DUVAL, R. **Semiósis e pensamento humano: registros semióticos e aprendizagens intelectuais**. Trad. de Lênio Fernandes Levy e Marisa Roâni Abreu da Silveira. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

DUVAL, R. **Ver e ensinar a matemática de outra forma: entrar no modo matemático de pensar: os registros de representações semióticas**. 1. ed. São Paulo: PROEM, 2011. 160 p.

DUVAL, R. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento. Tradução de Mérciles Thadeu Moretti. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**. Florianópolis, v. 07, n. 2, 2012, p. 266-297.

FREITAS, J. L. M. de; REZENDE, V. Entrevista: Raymond Duval e a Teoria dos Registros de Representação Semiótica. **Revista Paranaense de Educação Matemática**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 10–34, 2020. DOI: 10.33871/22385800.2013.2.3.10-34. Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/index.php/rpem/article/view/5946>. Acesso em: 13 mar. 2023.

GATTI, B. A. Aspectos metodológicos da pesquisa em Educação Matemática: rumos e perspectivas. **Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática**, v. 22, n. 3, p. 65–83, 9 jan. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.23925/1983-3156.2020v22i3p065-083>. Acesso em: 10 julho 2023.

KILPATRICK, J. Fincando estacas: uma tentativa de demarcar a Educação Matemática como campo profissional e científico. **Zetetiké**, Campinas, SP, vol. 4, nº 5, 1996. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/50805/mod\\_resource/content/1/TEXT0%20B-Kilpatrick,%20J.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/50805/mod_resource/content/1/TEXT0%20B-Kilpatrick,%20J.pdf). Acesso em: 13 maio 2023.

LAGRANGE, J. B. **Approches didactique et cognitive d'un instrument technologique dans l'enseignement**. Le cas du calcul formel en lycée. Histoire et perspectives sur les mathématiques [math.HO]. Université Denis Diderot Paris VII, 2000.

MACHADO, S. D. A. (org.). **Aprendizagem em matemática: registros de representação semiótica**. Campinas, SP: Papirus, 2003.

MIGUEL, A. *et al.*. A educação matemática: breve histórico, ações implementadas e questões sobre sua disciplinarização. **Revista Brasileira de Educação**, n. 27, p. 70–93, set. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782004000300006>. Acesso em: 19 fev. 2024.

OLIVEIRA, M. F.; NEGREIROS, J. G. M.; NEVES, A. C. Condicionantes da aprendizagem da matemática: uma revisão sistêmica da literatura. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 41, n. 4, p. 1023-1037, mai. 2015. Disponível em:

<https://www.revistas.usp.br/ep/article/view/108892/107344>. Acesso em: 13 mar. 2023.

SALVIATI, M. E. **Manual do Aplicativo Iramuteq**: versão 0.7 Alpha 2 e R Versão 3.2.3. Planaltina-DF: 2017. Disponível em:

<http://www.iramuteq.org/documentation/fichiers/manual-do-aplicativo-iramuteq-par-maria-elisabeth-salviati>. Acesso em: 13 abril 2023.

VALENTE, W. R. História da Educação Matemática. **Cadernos CEDES** [online]. 2021, v. 41, n. 115, pp. 164-167. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/CC245614>>. Acesso em: 13 maio 2023.