

Linguagem Imagética na Matemática: uma Revisão Sistemática de Literatura com Foco em Sistema de Equações

Imagery Language in Mathematics: a Systematic Literature Review focusing on System of Equations

Luciano de Oliveira^a; Rafael Roehrs^{*a}

^aUniversidade Federal do Pampa - Campus Uruguaiiana. RS, Brasil.

*E-mail: rafaelroehrs@unipampa.edu.br

Resumo

Uma das dificuldades encontradas no ensino e na aprendizagem da matemática diz respeito à linguagem matemática. Mais especificamente, se percebe isso no conteúdo de Sistema de Equações, no que se refere à linguagem algébrica. Por isso, é importante o desenvolvimento de pesquisas que busquem, avaliem e apontem outras formas de representação e linguagens para minimizar o problema. Nesse sentido, a partir da questão norteadora “como artigos científicos, teses e dissertações abordam a linguagem imagética e/ou uso de enigmas matemáticos para o ensino e aprendizagem de sistema de equações matemáticas?”, o objetivo deste trabalho é, por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura, identificar como e se estão relacionados os temas linguagens matemática, algébrica e imagética, com enigmas matemáticos, no ensino e aprendizagem de equações e sistema de equações matemáticas. Para essa revisão foram realizadas buscas nas bases de dados SCOPUS e Periódicos CAPES, para artigos científicos, e BTD CAPES, BDTD e BASE, para teses e dissertações. O período escolhido foi os últimos 10 anos (2012 – 2022), com descritores organizados a partir de algumas combinações das palavras matemática, linguagem, algébrica, imagética, equações e enigma, associadas ao operador booleano AND(e). Como resultados, foram obtidos 29 trabalhos que relacionam percepções e concepções dos autores sobre as linguagens imagética e algébrica e ensino e aprendizagem da matemática, as quais são sintetizadas com a escrita de uma metassíntese. Entretanto, mesmo existindo trabalhos desenvolvendo as temáticas e de alguma forma as associando, não foi encontrada relação direta entre a linguagem imagética e o estudo de equações.

Palavras-chave: Múltiplas Representações. Semiótica. Ensino e Aprendizagem. Enigmas Matemáticos.

Abstract

One of the difficulties encountered in teaching and learning mathematics concerns the mathematical language. Specifically, this can be seen in the content of the System of Equations, with regard to the algebraic language. Therefore, it is important to develop research that seeks, evaluates and points other forms of representation and language which can minimize the problem. In this sense, based on the guiding question “how do scientific articles, theses and dissertations address imagery language and/or the use of mathematical riddles for teaching and learning systems of mathematical equations?”, the objective of this paper is, through a Systematic Literature Review, identify how and if the themes of mathematical, algebraic and imagery languages are related, with mathematical enigmas, in the teaching and learning of equations and systems of mathematical equations. For this review, searches were made in SCOPUS and Periódicos CAPES databases, for scientific articles, and BTD CAPES, BDTD and BASE, for theses and dissertations. The period chosen was the last 10 years (2012 - 2022), with descriptors that were organized from some combinations of the words mathematics, language, algebraic, imagery, equations and riddles, associated with the Boolean operator AND. As results, 29 works were obtained that relate the authors’ perceptions and conceptions about the imagery and algebraic languages and teaching and learning of mathematics, which are synthesized with the writing of a meta-synthesis. However, even though there are works that develop the themes and somehow associate them, no direct relationship was found between the imagery language and the study of equations.

Keywords: Multiple Representations. Semiotics. Teaching and Learning. Math Riddles.

1 Introdução

Mesmo a matemática sendo considerada como “uma ferramenta essencial em várias áreas do conhecimento” (Pacheco & Andreis, 2018, p. 106), ela “ocupa o posto de disciplina mais difícil entre muitos estudantes, o que contribui para dificultar sua assimilação pelos mesmos” (Goulart, Pucci, Godoy & Bastos, 2018, p. 2).

Uma das dificuldades se relaciona com a linguagem matemática e seu complexo sistema sógnico, levando-a a ser comparada com uma língua estrangeira, que precisa ser

traduzida (Silveira, 2014). Uma das áreas em que isso é percebido é na álgebra, assim como na sua linguagem. Muitos alunos apresentam dificuldades em compreender as letras, incógnitas e variáveis, como representações de números, inclusive quando se deparam com problemas envolvendo equações (Susac, Bubic, Vrbanc & Planinic, 2014).

A partir da identificação dessa situação, é importante que sejam estimulados trabalhos entre os pesquisadores das áreas da matemática, do ensino e da educação matemática, e demais professores do ensino de ciências, uma vez que também são atingidos por essa problemática, no intuito de buscar alternativas

que possam auxiliar na transposição das dificuldades com a linguagem algébrica.

Uma possibilidade para a superação dessa questão é o uso de múltiplas representações, por meio da linguagem imagética, que pode ser conceituada como a comunicação por meio de imagens (Rego & Gouvêa, 2013). Nesse contexto, as imagens podem ser vistas como base para compreensão de conhecimentos complexos (Cappello & Lafferty, 2015).

É possível verificar que enigmas matemáticos, que neste trabalho são entendidos como enigmas na forma de equações simbólicas, para serem resolvidos de forma a se encontrar o valor da interrogação (González, 2021), podem ser um recurso para o uso da linguagem imagética no sentido de se criar uma relação direta entre as incógnitas (letras), das equações, e as imagens, no enigma, tudo isso para uma melhor compreensão das equações e do Sistema de Equações.

A partir disso, para se ter um panorama da forma que as linguagens imagética e algébrica se articulam com o ensino e aprendizagem de sistema de equações, e se existem trabalhos com essa abordagem e que relacionem equações e enigmas matemáticos, é importante que se tenha, de uma forma sistemática, uma revisão junto às bases de dados bibliográficos.

Sendo assim, neste trabalho apresenta-se uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), que segundo T. F. Galvão e Pereira (2014, p. 183), é “um tipo de investigação focada em questão bem definida, que visa identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis”, que vem ao encontro do objetivo desta busca de identificar como e se estão relacionados os temas linguagens matemática, algébrica e imagética, com enigmas matemáticos, no ensino e aprendizagem de equações e sistema de equações matemáticas.

2 Desenvolvimento

Metodologicamente, para a elaboração da revisão foram seguidas as etapas de delimitação da questão, seleção das bases de dados bibliográficos, limitação para busca avançada, seleção de textos e sistematização de informações encontradas, conforme M. C. B. Galvão e Ricarte (2019), que são descritas nas seções que seguem.

Cabe ressaltar que essa RSL foi desenvolvida como parte de uma pesquisa de doutorado, intitulada Linguagem Imagética na Contextualização, Ensino e Aprendizagem de Sistema de Equações, que se propõe investigar como a linguagem imagética e os enigmas matemáticos podem contribuir para aprimorar a contextualização, melhorar entendimento da linguagem algébrica e facilitar o ensino e a aprendizagem de equações e sistemas de equações.

2.1 Delimitação da questão, seleção das bases de dados bibliográficos e limitação para busca avançada

Inicialmente, para orientar o desenvolvimento da RSL, foi escolhida como questão norteadora a pergunta: como artigos científicos, teses e dissertações abordam a linguagem imagética e/ou uso de enigmas matemáticos para o ensino e aprendizagem de sistema de equações matemáticas?

Em relação à definição das bases de dados, inicialmente foi realizada uma consulta na ferramenta de busca do *Google*, usando-se os termos bases de dados para pesquisas científicas, que remeteu alguns resultados, como vídeos e páginas com as bases de dados mais usadas. Dentre esses resultados, as páginas ufff NOTÍCIAS, ligada à Universidade Federal de Juiz de Fora, e à Biblioteca de Direito da UFMG, da Universidade Federal de Minas Gerais, indicaram algumas dessas bases.

A busca foi realizada nos meses de março e abril de 2022, e separada em dois momentos. O primeiro foi destinado a artigos de periódicos e, inicialmente, pensou-se nas bases de dados mais conhecidas que envolvem pesquisa nas ciências e na matemática, como Scielo, Elsevier, Mendeley, Springer, ERIC, DOAJ, AirXiv, CiteSeerX, Scopus, Periódicos CAPES, entre outras. Contudo, foi percebido que as bases Scopus e Periódicos CAPES englobam quase todas as demais bases, optando-se pela escolha dessas duas bases¹.

Em um segundo momento, a busca concentrou-se em trabalhos de teses e dissertações, em que se optou por três bases, sendo duas delas, Catálogo (ou Banco) de Teses e Dissertações da CAPES (BTD CAPES) e a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), voltadas para acervo brasileiro, e uma base acessível de trabalhos internacionais, a *Bielefeld Academic Search Engine* (BASE).

Para a efetivação da busca nas bases de dados escolhidas foram pré-selecionadas algumas palavras com potencial retorno positivo esperado: matemática, linguagem, algébrica; imagética, equações e enigma. Na etapa de limitação para a busca avançada, realizou-se a busca em todas as partes do texto, com o uso do filtro ano de publicação, sendo trabalhos dos últimos 10 anos (2012 – 2022). Tendo em vista a possibilidade de os termos na língua portuguesa (LP) não serem traduzidos para outras línguas, e a língua inglesa (LI) ser universal, optou-se por fazer todas as buscas de termos nas duas línguas. Para a ligação dos termos, utilizou-se o operador booleano *AND* (e), que remeteria as respostas que apresentassem ambas as palavras, estando desta forma mais relacionadas com o objetivo da busca.

Embora a pesquisa seja voltada para área do ensino e aprendizagem da matemática, não se restringiu a pesquisa nesse sentido, considerando a possibilidade de analisar artigos fora da área da educação e educação matemática, em que poderiam ser encontradas leituras que serviriam de referência para as discussões e considerações dessa revisão.

¹ a maioria dos bancos de dados citados e escolhidos foram identificados a partir da relação contida em Bases de Dados de Publicações Científicas. Disponível em: <https://biblio.direito.ufmg.br/wp-content/uploads/2020/07/Bases-de-dados-links.pdf>.

2.2 Seleção de textos

Para a etapa da seleção de textos, foram realizadas buscas a fim de chegar em um número absoluto de resultados que variasse entre 20 e 30 artigos, conforme (Dendasck, 2020). Para esses textos, foi realizada a leitura do resumo e também uma leitura dinâmica do texto, buscando identificar se o sentido dado a abordagem dos temas estaria alinhado com o interesse da pesquisa.

2.2.1 Buscas realizadas

Inicialmente, nas buscas realizadas em relação aos artigos de periódicos, utilizou-se as palavras linguagem e matemática, com o objetivo de identificar a relevância do estudo de linguagem dentro da área da matemática. Na sequência, como a linguagem algébrica é parte das linguagens presentes na matemática e em outras áreas do conhecimento e está diretamente ligada às equações matemáticas, usou-se as palavras linguagem e algébrica, com a finalidade de identificar se a linguagem algébrica estaria sendo estudada dentro de contextos variados. Como resultados, obteve-se os dados conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Resultados de artigos com termos linguagem, matemática e algébrica

Nº Busca	Palavras-chave	Base de Dados	Artigos em LP	Artigos em LI
1ª	linguagem AND matemática (<i>math AND language</i>)	Scopus	297	51909
		Periódicos CAPES	3996	80712
2ª	linguagem AND algébrica (<i>algebraic AND language</i>)	Scopus	5	15161
		Periódicos CAPES	338	20296

Fonte: dados da pesquisa.

Buscando uma melhor aproximação com a problemática da revisão, optou-se pela busca usando as palavras linguagem, imagética e matemática, no intuito de identificar se essa linguagem, em específico, foi estudada dentro da grande área da matemática. Em seguida, agregou-se o termo equações, uma vez que a busca tem maior interesse no estudo de sistemas de equações. Os resultados dessas duas buscas são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Resultados de artigos com termos linguagem, imagética, equações e matemática

nº busca	palavras-chave usadas na busca	base de dados	nº artigos em LP	nº artigos em LI
3ª	linguagem AND imagética AND matemática (<i>imagery AND language AND math</i>)	Scopus	0	1123
		Periódicos CAPES	154	7782

4ª	linguagem AND imagética AND equações AND matemática (<i>imagery AND language AND equation AND math</i>)	Scopus	0	175
		Periódicos CAPES	15	2805

Fonte: dados da pesquisa.

Em relação ao número de retornos em LP, observou-se o valor nulo para a base Scopus, que pode indicar que a linha linguagem imagética, matemática e equações não foi abordada neste idioma. Com isso, reduziu-se os termos da busca apenas para linguagem e imagética, o que apresentou o retorno de 9 artigos. Todavia, nenhum deles abordava a matemática ou um aprofundamento em relação a própria linguagem imagética e educação.

Ainda na 3ª busca, para filtrar um pouco mais os resultados, foram agregadas as palavras ensino e aprendizagem. Com isso o resultado de 154 reduziu-se para 70. Pelo potencial de encontrar-se artigos que abordassem a linguagem imagética, foi feita a análise nos resumos e texto. Com isso, identificou-se 7 artigos que abordam a linguagem imagética nas linhas de semiótica, letramento e múltiplas representações.

Na 4ª busca, na base dos Periódicos CAPES, foi identificado que 2 artigos dos 15 abordavam a temática do trabalho, abordando a semiótica e a linguagem imagética, mas não no sentido de equações matemáticas, embora esses termos apareçam nos textos.

Como os resultados em LI foram bem expressivos, foi inserido na busca as palavras *teaching* e *learning*, e selecionado os artigos com o filtro de educação e educação matemática, que retornaram valores menores, como segue no Quadro 3.

Quadro 3 – Resultados de artigos com termos *imagery*, *language*, *math* e *equation*, inserindo os termos *teaching* e *learning*

Nº busca	Palavras-chave	Base de Dados	Artigos em LI
3ª	<i>(imagery AND language AND math AND teaching AND learning)</i>	Scopus	370
		Periódicos CAPES	1442
4ª	<i>(imagery AND language AND equation AND math AND teaching AND learning)</i>	Scopus	80
		Periódicos CAPES	336

Fonte: dados da pesquisa.

A partir desses resultados, olhando-se para as palavras nos títulos, resumos e alguns textos, buscando afirmações que se voltasse mais para a linguagem imagética, semiótica e múltiplas representações, encontrou-se nessas duas buscas, nas duas bases, um total de 7 artigos que têm potencial para auxiliar nas inferências a serem realizadas.

Outra forma de buscar os artigos e relacioná-los com um dos focos da pesquisa foi adicionar à busca a palavra enigma (*riddle*). Cabe ressaltar que, no termo em LI, também

foi utilizada a palavra *puzzle*, que remeteu respostas não relacionadas às equações. Com isso, obteve-se o seguinte resultado, no Quadro 4.

Quadro 4 – Resultados de artigos com termos linguagem, imagética, equações, enigma e matemática

Nº Busca	Palavras-chave	Base de Dados	Artigos em LP	Artigos em LI
5ª	linguagem AND imagética AND equações AND enigma AND matemática (<i>imagery AND language AND equation AND riddle AND math</i>)	Scopus	0	1
		Periódicos CAPES	3	15

Fonte: dados da pesquisa.

Os três artigos desta 5ª busca, dos termos em LP no Periódicos CAPES, já estavam contidos na 4ª busca, sendo que destes, nenhum têm ligação com estudo de linguagem imagética; e dos 16 em LI, nas duas bases, apenas um, da base Periódicos CAPES, apresenta ligação com a pesquisa, abordando uma discussão sobre a linguagem algébrica no estudo de equações.

Como o resultado anterior não foi muito expressivo, realizou-se a 6ª busca, com os termos: linguagem, enigma e matemática. Com o intuito de reduzir os valores absolutos, inseriu-se os termos ensino e aprendizagem (7ª busca). Os resultados são os expressos no Quadro 5.

Quadro 5 – Resultados de artigos com termos linguagem, enigma e matemática

Nº Busca	Palavras-chave	Base de Dados	Artigos em LP	Artigos em LI
6ª	linguagem AND enigma AND matemática (<i>riddle AND language AND math</i>)	Scopus	2	210
		Periódicos CAPES	138	546
7ª	linguagem AND enigma AND matemática AND ensino AND aprendizagem (<i>riddle AND language AND math AND teaching AND learning</i>)	Scopus	2	64
		Periódicos CAPES	31	186

Fonte: dados da pesquisa.

Na base Scopus, os 2 retornos não têm efetiva contribuição com o estudo, e na base Periódicos CAPES, do quantitativo de 31 artigos, após a leitura dinâmica, identificou-se três artigos com relevância.

Nos termos em LI, pelo número elevado de resultados (64 e 186, nas bases), foram utilizados os filtros que remetesse a educação e à educação matemática. Com isso e com a leitura dinâmica, se obteve o retorno de um artigo com potencial.

Totalizaram, após estas sete buscas, 24 artigos que de alguma maneira têm relação com a pesquisa e com a questão inicial da RSL, sendo 15 resultados da procura em LP e 9 da busca em LI.

Em relação ao exame realizado sobre teses e dissertações, de uma forma mais abrangente, foram obtidos os seguintes resultados, conforme o Quadro 6.

Quadro 6 – Resultados de teses e dissertações com termos linguagem, matemática e algébrica

nº busca	palavras-chave usadas na busca	base de dados	nº trabalhos em LP	nº trabalhos em LI
8ª	linguagem AND matemática (<i>math AND language</i>)	BTD CAPES	1714	6
		BDTD	1073	172
		BASE	829	1229
9ª	linguagem AND algébrica (<i>algebraic AND language</i>)	BTD CAPES	100	17
		BDTD	179	146
		BASE	67	855

Fonte: dados da pesquisa.

Refinando a pesquisa, com os termos linguagem, imagética, equações e matemática, foram encontrados números menores, conforme Quadro 7.

Quadro 7 – Resultados de teses e dissertações com termos linguagem, imagética, equações e matemática

Nº Busca	Palavras-chave	Base de Dados	Trabalhos em LP	Trabalhos em LI
10ª	linguagem AND imagética AND matemática (<i>imagery AND language AND math</i>)	BTD CAPES	2	0
		BDTD	4	3
		BASE	0	6
11ª	linguagem AND imagética AND equações AND matemática (<i>imagery AND language AND equation AND math</i>)	BTD CAPES	0	0
		BDTD	0	0
		BASE	0	0

Fonte: dados da pesquisa.

No total, destes 15 trabalhos na 10ª busca, não foi possível relacionar nenhuma tese e apenas cinco dissertações possuem certa conformidade com o objetivo da pesquisa, com abordagem envolvendo as linguagens, principalmente a imagética. Não se obteve resultados que remetesse às questões mais específicas da álgebra e/ou sua linguagem.

2.2.2 Resultados das buscas

A partir das 11 buscas realizadas nos 5 bancos de dados e dos resultados apontados nos Quadros de 1 a 7, foi possível enumerar 29 trabalhos potenciais, sendo destes 24 artigos de periódicos e 5 dissertações. Esses artigos e dissertações são listados conforme Quadros 8 e 9, respectivamente, apresentando-os organizados por número de busca (língua), ano, primeiro autor, título e objetivo geral do trabalho.

Quadro 8 – Relação de artigos de periódicos destacados entre a 2ª e 7ª buscas

Busca (língua)	Ano	Autor	Título	Objetivo Geral
2ª (LP)	2018	Campos, Dilhermando Ferreira	Inadequação do Uso da Linguagem Algébrica Moderna na Tradução de Enunciados dos Elementos de Euclides	Discutir como a linguagem algébrica moderna pode ocultar e gerar interpretações equivocadas em relação à Matemática clássica.
	2020	Flores, Jeronimo Becker	Convergências e Complementaridades entre as Teorias dos Três Mundos da Matemática e a da Sociointeratividade	Reflexão teórica sobre as Teorias dos Três Mundos da Matemática e Sociointeratividade com vista a melhoria da aprendizagem de Matemática.
	2021	Moretti, Vanessa Dias	Generalização Teórica e o Desenvolvimento do Pensamento Algébrico: contribuições para a formação de professores dos Anos Iniciais	Discutir aspectos teóricos do desenvolvimento do pensamento algébrico, com foco na formação continuada de professores que ensinam Matemática nos Anos Iniciais.
3ª (LP)	2013	Rego, Sheila Cristina R.	Imagens na disciplina escolar física: possibilidades de leitura	Problematizar a leitura de imagens impressas em sua relação com o texto escrito, na apresentação do conhecimento em Física, por estudantes do ensino universitário.
	2015	Bezerra, A.G. S.	O letramento visual como experiência estesiológica	Discutir o letramento visual como experiência estesiológica, considerando as imagens como artefatos da cultura visual e a mediação da leitura da visualidade como estesia do corpo.
	2017	Bairral, Marcelo Almeida	As Manipulações em Tela Compendo a Dimensão Corporificada da Cognição Matemática	Mostrar como a cognição, a linguagem e a neurociência podem orientar pesquisas com dispositivos com toques em tela.
	2019	Quadros, Ana Luiza de	Rotas de transição modal e o ensino de representações envolvidas no modelo cinético molecular	Investigar aulas sobre o modelo cinético molecular, com base em estudos envolvendo múltiplas representações e representações multimodais.
	2021	Silva, Matheus de Castro e	Integrando arte e ciência na formação de professores de química: uma análise semiótica peirceana	Investigar as formas que licenciandos em Química abordam conceitos, entidades, modelos e fenômenos científicos a partir de desenhos, com base na semiótica de Peirce.
		Carvalho, Márcio Palácios de	Mídias digitais e produção audiovisual na disciplina de Espanhol como língua estrangeira: uma experiência no ensino médio integrado ao técnico	Analisar as possibilidades de explorar diversas modalidades da linguagem oral, escrita, verbal, não verbal, imagética no ensino do espanhol como língua estrangeira, por meio de mídias digitais em produções audiovisuais.
Bica, Mário Sérgio Nunes		Discutindo avaliação para estudantes do ensino fundamental no ensino de ciências: uma estratégia didático-avaliativa baseada em múltiplas representações e neurociência	Discutir a avaliação no ensino básico, apresentando uma forma de união e inter-relação entre o processo de ensino e aprendizagem e os instrumentos de avaliação, por meio de uma Estratégia Didático-Avaliativa.	
3ª (LI)	2015	Cappello, Marva	Os papéis da fotografia para desenvolver a alfabetização através das disciplinas	Explorar o papel da fotografia na ciência e alfabetização disciplinar, detectando-a como um caminho adicional para o desenvolvimento da alfabetização por meio das multimodalidades.
	2016	Kibar, Pınar Nuhoğlu	Estilos Cognitivos Visuais de Estudantes Universitários em Relação a Cursos e Anos	Examinar os estilos cognitivos visuais de estudantes universitários de acordo com seu assunto de estudo, ano de estudo e gêneros.
	2018	Almeida, Lourdes Maria Werle	Abordagens Semióticas em Educação Matemática	Examinar produções publicadas no BOLEMA que tematizam a semiótica no âmbito das pesquisas da área de Educação Matemática.
	2020	YEO, Jennifer	A eficácia de uma abordagem imagem-para-escrita para aprender conceitos científicos abstratos: temperatura e calor	Envolver alunos do ensino fundamental na construção de imagens para representar suas ideias sobre fenômenos e traduzir essas imagens em texto usando terminologias científicas por meio de uma abordagem imagem- para-escrita.
	2020	Dyrvold, Anneli	Relações entre recursos semióticos em tarefas matemáticas: uma fonte de dificuldades	Aprimorar conhecimento de como as relações de sentido, na forma de “laços coesivos” entre e dentro de diferentes recursos semióticos, estão relacionadas a quão difícil é ler e resolver tarefas matemáticas.
	2021	Marita, Samantha	Usando estratégias visuais simultaneamente para apoiar os alunos com dificuldades de aprendizagem em matemática	Apresentar como estratégias visuais podem ser usadas simultaneamente para aumentar o acesso e o sucesso com desafios matemáticos no nível secundário para alunos com deficiências de aprendizagem.

Busca (língua)	Ano	Autor	Título	Objetivo Geral
4ª (LP)	2018	Bertolin, Fabiana Neves	Relações com o saber na educação especial: um estudo em ciências	Analisar as relações com o saber estabelecidas por estudantes que apresentam deficiência intelectual por meio de uma sequência didática com tema Água e que contemplou múltiplas linguagens.
	2019	Lima, Luís Gomes de	A teoria dos registros de representação semiótica: contribuições para o ensino e aprendizagem da física	Apresentar a Teoria dos Registros de Representação Semiótica, de Duval, suas contribuições teórico-metodológicas, a fim de possibilitar caminhos possíveis para o ensino da física e melhorar sua aprendizagem.
4ª (LI)	2014	Susac, Ana	Desenvolvimento do raciocínio matemático abstrato: o caso da álgebra	Investigar a trajetória de desenvolvimento da habilidade dos alunos de resolver equações algébricas simples.
5ª (LI)	2020	Lampen, Erna	Tornando-se matemático: projetando um currículo para um clube de matemática	Apresentar e analisar um projeto de currículo para clubes de matemática, a partir de experiência com um clube por mais de três anos.
7ª (LP)	2014	Silveira, Marisa Rosâni Abreu da	Tradução de textos matemáticos para a linguagem natural em situações de ensino e aprendizagem	Analisar os problemas de tradução de textos matemáticos para linguagem natural em situações de ensino e aprendizagem com base em estudos matemáticos e filosóficos.
	2016	Sant'Anna, Cristiane Marcelino	Imagens e narrativas na pesquisa com ambientes virtuais de aprendizagem: caminhos e descaminhos de uma busca por metodologias de pesquisa nos/dos/ com os cotidianos	Investigar o papel das imagens, problematizando sua relação com o homem desde a sua produção, passando pelo seu uso como signo, seja para comunicar, revelar ou esconder algo.
	2019	Montoito, Rafael	Entrelugares: pequeno inventário inventado sobre matemática e literatura	Propor uma categorização dos diferentes modos (entrelugares) de como a Matemática se reúne com a Literatura.
7ª (LI)	2018	Batchelor, Katherine	“Minha história ganhou vida!” Como a multimodalidade pode inspirar a revisão na escrita	Examinar uma abordagem para a revisão do ensino, com destaque para a multimodalidade, mostrando que a revisão pode servir a todos os alunos, especialmente os alunos superdotados, para visualizar a sua escrita.

Fonte: dados da pesquisa.

Quadro 9 – Relação de dissertações destacadas na 10ª busca

Busca (língua)	Ano	Autor	Título	Objetivo Geral
10ª	2013	Santos, Dionei Ruã	Limites e potencialidades do uso de tirinhas na significação de conceitos de física no ensino médio	Compreender a potencialidade e os limites do uso das Tirinhas como recurso didático em sala de aula, quanto a características e relações no desenvolvimento do ensino escolar.
	2016	Santos, Patrícia Nogueira	As leituras verbais e imagéticas que podemos fazer de nosso entorno	Apresentar, discutir e analisar o uso de linguagens diversas pelos alunos e como a união destas linguagens nos leva a uma compreensão mais clara das informações apresentadas para estudo.
	2017	Moda, Simone Cavalcante	O ensino da ciência e a experiência visual do surdo: o uso da linguagem imagética no processo de aprendizagem de conceitos científicos	Desvelar se e como o surdo constrói conceitos científicos a partir do ensino das ciências por meio da linguagem imagética no terceiro ano do Ensino Fundamental I.
	2019	Marinho, Juliana Benassi	Apropriação de conceitos referentes à polinização a partir de representações imagéticas de estudantes do ensino médio	Investigar a apropriação de conceitos referentes à polinização por meio das representações encontradas nos desenhos de estudantes do ensino médio em situações de aprendizagem.
		Silva, Alice Cristiane Souza Ferreira da	A leitura de tirinhas em sala de aula nos 7ºs anos do ensino fundamental: uma abordagem pelos aspectos enquadramento, planos e ângulos de visão e sequencialidade	Conceber uma intervenção de caráter didático-pedagógico que promovesse a ampliação de repertório dos alunos no gênero tirinhas com foco nos seguintes elementos desse gênero: enquadramento, planos e ângulos de visão e sequencialidade.

Fonte: dados da pesquisa.

2.3 Sistematização das informações encontradas

Na última etapa, os 29 trabalhos listados foram analisados e sintetizados por meio da elaboração de uma metassíntese, que pode ser entendida como uma síntese interpretativa que agrega resultados ou achados qualitativos (Alencar & Almouloud, 2017; Lopes & Fracolli, 2008), buscando “preservar a integridade de cada estudo, porém favorecendo generalizações” (Ricardi, Shimizu & Santos, 2020, p. 3).

Inicialmente, enumerou-se 7 temas de interesse e os quantitativos de trabalhos que abordam esses temas, descritos no Quadro 10.

Quadro 10 – Temas de interesse da RSL

Temas de Interesse	Nº de trabalhos
Linguagem na compreensão de mundo e na escola.	6
Linguagem matemática e dificuldades.	4
Múltiplas linguagens e matemática.	1
Álgebra e linguagem algébrica, simbologias e dificuldades.	3
Uso de imagens, linguagem imagética e seu potencial representacional.	12
Semiótica, múltiplas representações e matemática.	8
Múltiplas representações, ensino e aprendizagem, e matemática.	9

Fonte: dados da pesquisa.

Para a apresentação das interpretações e relações entre esses temas elencados, procurando desenvolver a generalização dos achados qualitativos, foi realizada a sintetização dessas temáticas por meio da escrita da seção que segue.

2.3.1 Linguagens matemática e imagética, semiótica e múltiplas representações

A linguagem, cujo uso é inerente ao humano, pode ser resumida como um sistema sócio para entender a realidade e o mundo (P. N. Santos, 2016). É um processo da mente (Bairral, 2017) e fundamental para a comunicação entre as pessoas, que necessitam de habilidade de linguagem para as trocas simbólicas (Flores, Lima & Müller, 2020; Moda, 2017; Moretti, Virgens & Romeiro, 2021).

Se tratando da escola, a relação dos alunos com os símbolos não se dá por apenas uma linguagem, mas por todas disponíveis (Bertolin & Oliveira, 2018). Essas diversas linguagens, articuladas ao ensino, permitem um entendimento maior e contextualizado dos conhecimentos escolares (Bertolin & Oliveira, 2018; P. N. Santos, 2016).

A matemática, com sua dimensão simbólica (Flores et al., 2020), também possui a sua linguagem própria (Flores et al., 2020; Montoito, 2019). É comum identificar a matemática como uma área de conhecimento difícil, pois para grande parte dos alunos a linguagem matemática é considerada como uma língua estrangeira, precisando ser traduzida para

a sua compreensão (Silveira, 2014). Essa necessidade de apoio, em parte, está ligada à falta de capacidade de leitura e compreensão de seus signos (Flores et al., 2020; Montoito, 2019). Entretanto, se entende que a notação matemática é essencial para o desenvolvimento da disciplina (Dyrvoid, 2020).

Para Silveira (2014) textos matemáticos podem ser escritos em múltiplas linguagens, usando símbolos, gráficos e expressões algébricas, e também da linguagem natural. Quando escritos na linguagem matemática, é interessante que sejam “traduzidos” para a linguagem natural. Entretanto, deve-se observar que a linguagem natural é polissêmica, e por isso, precisa de apoios para se evitar ambiguidades.

A álgebra, que é uma área que faz parte da matemática, pode ser vista como um conjunto de conceitos para generalizar, modelar e analisar problemas matemáticos (Susac et al., 2014). Ela possui muitos tópicos de estudo que variam de resolução de equações lineares elementares até as mais abstratas. Ela tem sua linguagem, que se destaca pela complexidade representacional e valoriza excessivamente a memorização, e com isso, uma prática mais tradicional (Moretti et al., 2021), sendo que essa compreensão de ensino da álgebra é desconexa da prática e pouco contribui com uma educação matemática para formação do cidadão.

Embora o ensino da álgebra seja feito com uma linguagem com base em símbolos alfanuméricos, que deve ser dominada pelos alunos (Campos & Moreira, 2018), visualiza-se que as quantidades indeterminadas possam ser representadas por outros sistemas semióticos (Campos & Moreira, 2018; Moretti et al., 2021). Por exemplo, o uso de imagens. Elas ocupam um lugar de destaque no mundo (Bezerra & Porpino, 2015; Cappello & Lafferty, 2015) e em materiais educativos (Rego & Gouvêa, 2013), sendo a demanda por uma alfabetização e um letramento para o uso de uma linguagem de imagens uma necessidade na compreensão dos fenômenos científicos e de mundo (Moda, 2017; Rego & Gouvêa, 2013).

A palavra imagem possui diferentes sentidos, nas artes, nos meios de comunicação, nos computadores e até mesmo no sentido de imagem mental (Rego & Gouvêa, 2013). Pode ser vista como a representação convencional de uma coisa material (Rego & Gouvêa, 2013; M. C. Silva & Silva, 2021), mimética (ao real) ou analógica (Rego & Gouvêa, 2013), assim como visualização mental (Marita, Hord & Hendricks, 2021).

Ao se fazer a comunicação por meio de imagens está se desenvolvendo uma linguagem imagética (Rego & Gouvêa, 2013). A linguagem imagética é polissêmica (Rego & Gouvêa, 2013; Sant’Anna, 2016), adquirindo sentidos e significados diferentes por pessoas distintas, ou pelos leitores pelas suas experiências de mundo (Marinho, 2019; Rego & Gouvêa, 2013). Mas, assim como qualquer outra linguagem, precisa ser aprendida (Rego & Gouvêa, 2013).

As imagens podem ser vistas como suportes para compreender conhecimentos complexos (Cappello &

Lafferty, 2015), como uma ponte à conceitualização empírica e a abstrata (Lim, Ong, 2021), permitindo maior número de conexões (Cappello & Lafferty, 2015). Além disso, como as imagens estão presentes nos artigos científicos, no mundo real e em contexto escolares, podem ser consideradas como instrumentos de comunicação dentro e fora da sala de aula (Silva & Silva, 2021). Estando em sala de aula, as imagens são importantes no processo de ensino e aprendizagem (Moda, 2017; Santos, 2013; Silva, 2019). Vale ressaltar que uma imagem explorada pedagogicamente pode estimular a afetividade (Carvalho & Kanashiro, 2021; D. R. Santos, 2013) e pode ser associada a emoções positivas (Carvalho & Kanashiro, 2021). Sendo assim, a linguagem imagética pode promover uma aprendizagem significativa e mais contextualizada (Moda, 2017).

Ao ver a linguagem imagética como um meio de comunicação por imagens, se está visualizando o mundo por uma forma semiótica e de múltiplas representações (Quadros & Giordan, 2019). A semiótica pode ser vista como a ciência que pesquisa as linguagens, observando os multimodos dos fenômenos como produtores de sentido e significado (M. C. Silva & Silva, 2021). A diversidade dos modos representativos permite o aumento da cognição e o surgimento de representações mentais (Lima, 2019).

Em relação à matemática, Dyrvold (2020) diz que diferentes recursos semióticos articulam significados distintos e complementares dos conceitos matemáticos, o que leva ao entendimento de que “as representações têm um papel relevante para a Matemática” (Almeida & Silva, 2018, p.719). Lampen & Brodie (2020) apontam para mudanças positivas quando os alunos são incentivados a usar e discutir métodos diferentes para resolução de problemas matemáticos.

Observando os diversos modos dos fenômenos ocorrerem como produtores de sentido e significado, entende-se que múltiplas representações compreendem representar ideias e/ou expor conceitos por meio de diferentes formas de representações, como a imagem, a escrita, o desenho, o som, a música, etc. (Bezerra & Porpino, 2015; Marinho, 2019; Quadros & Giordan, 2019).

Em relação ao ensino e aprendizagem, ao se trabalhar com múltiplas representações têm-se alunos motivados, capazes de criar relações, organizar e associar conceitos e significados, ou seja, justificar e argumentar de forma convincente as suas convicções, sendo mais autônomos e reflexivos (Marinho, 2019; Quadros & Giordan, 2019). As múltiplas representações podem desenvolver uma rede de significados semânticos que ajuda os alunos a superar as suas dificuldades (Yeo et al., 2021), pois possibilita um percurso por diferentes caminhos para a compreensão dos significados e da construção de novos entendimentos (Bica & Roehrs, 2021). Dentro das múltiplas representações, entendem-se as múltiplas linguagens, que são formas de significação e de mediação que potencializam a produção de sentido (Bertolin & Oliveira, 2018).

Segundo Kibar e Akkoyunlu (2016), as pessoas têm estilos

cognitivos distintos, sendo um deles o visual, com base nos conceitos de imagens mentais e representação mental, visto que existem pessoas que representam a informação de forma mais visual, e por isso podem confiar principalmente em suas imagens ao realizar tarefas. Outras pessoas, que não têm esse estilo, têm predominância na representação verbal. Por isso, para D. R. Santos (2013), palavras e imagens ensinam melhor juntas, embora a linguagem não verbal seja menos valorizada que a verbal (Santos, 2016; Silva, 2019).

Por conseguinte, é função da escola levar para a sala de aula textos múltiplos, múltiplas linguagens e representações (Silva, 2019), e se pensarem um currículo centrado nisso, é possível uma maior chance de equidade na aprendizagem (Batchelor, 2018; Santos, 2016), para pessoas visuais (não verbais) e para as verbais. Ao reconhecer a necessidade da mudança de textos puramente impressos para multimodais, combinando sons, imagens, palavras, as escolas podem inserir a sociedade visual atual em um processo de ensino e aprendizagem mais efetivo (Cappello & Lafferty, 2015).

3 Conclusão

Por meio da RSL foi possível identificar e reafirmar algumas percepções e concepções a respeito das linguagens matemática, algébrica e imagética, principalmente esta última, e relações das linguagens com a semiótica e as múltiplas representações, que se encontram presente em discussões atuais em diferentes artigos, teses e dissertações de áreas do conhecimento científico, como ciências, línguas e matemática.

Pela observação dos temas de interesse e quantitativos, apresentados nos Quadro 10, é perceptível que os trabalhos que tratam das temáticas relacionadas ao uso de imagens, linguagem imagética, semiótica e múltiplas representações, ensino e aprendizagem de matemática, têm números mais expressivos, o que destaca o potencial da linguagem imagética e das múltiplas representações na educação. Acredita-se que esse entendimento, adido as associações e interpretações realizadas com as demais temáticas elencadas, sintetizadas e generalizadas no texto da metassíntese, apontam para a compreensão de que as imagens e a linguagem imagética podem figurar positivamente quando se trata da visualização do ensino e aprendizagem da matemática por meio das múltiplas representações.

Entretanto, não foi possível responder totalmente à questão norteadora da RSL, que buscava identificar como produções científicas abordam a linguagem imagética e/ou uso de enigmas matemáticos para o ensino e aprendizagem de sistema de equações matemáticas, tendo em vista que, nas buscas realizadas, não foram encontrados trabalhos que relacione a linguagem imagética e o estudo de equações.

Observou-se que em todos os trabalhos selecionados, as palavras-chave da busca estavam figurando. Porém, nem sempre elas estavam no contexto esperado, como o caso dos termos “equações”, que não se relacionavam com discussão referente à linguagem; ou dos “enigmas”, que aparecem em

alguns trabalhos no sentido de “charadas”.

Por fim, observando que a RSL pode ser “uma excelente fonte de atualização dos pesquisadores contribuindo para os avanços crescentes da ciência” (Lira & Teixeira, 2020, p. 60), essa revisão pode ser vista como um estímulo significativo para a realização de pesquisas que abordem a linguagem imagética, enigmas matemáticos e sistemas de equações, pois além do próprio objetivo de investigar possibilidades de relações entre essas temáticas voltadas ao ensino e a aprendizagem da matemática, é criada a expectativa dessas futuras pesquisas se tornarem referências para estudos posteriores em relação à linguagem imagética e o estudo da álgebra, sua linguagem e equações.

Referências

- Alencar, E. S., & Almouloud, S. A. (2017). A metodologia de pesquisa: metassíntese qualitativa. *Reflexão e Ação*, 25(3), 204–219. doi: 10.17058/rea.v25i3.9731
- Almeida, L. M. W., & Silva, K. A. P. (2018). Abordagens Semióticas em Educação Matemática. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 32(61), 696–726. doi: 10.1590/1980-4415v32n61a19
- Bairral, M. A. (2017). As manipulações em tela compoem a dimensão corporificada da cognição matemática. *Jornal Internacional de Estudos Em Educação Matemática*, 10(2), 99–106. doi: 10.17921/2176-5634.2017v10n2p99-106
- Batchelor, K. (2018). “My Story Came to Life!”: How Multimodality Can Inspire Revision in Writing. *Gifted Child Today*, 41(3), 136–148. doi: 10.1177/1076217518768850
- Bertolin, F. N., & Oliveira, O. B. (2018). Relações com o saber na Educação Especial: um estudo em Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(3), 171–186. doi: 10.22600/1518-8795.ienci2018v23n3p171
- Bezerra, A. G. S., & Porpino, K. D. O. (2015). O Letramento Visual como experiência Estesiológica. *Holos*, 3(1), 238–245. doi: 10.15628/holos.2015.2554
- Bica, M. S. N., & Roehrs, R. (2021). Discutindo avaliação para estudantes do ensino fundamental no ensino de ciências: uma estratégia didático-avaliativa baseada em múltiplas representações e neurociência. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(1), 27–52. doi: 10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p27
- Campos, D. F., & Moreira, P. C. (2018). Inadequação do uso da Linguagem Algébrica Moderna na tradução de enunciados dos Elementos de Euclides. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 32(62), 907–926. doi: http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v32n62a08
- Cappello, M., & Lafferty, K. E. (2015). The Roles of Photography for Developing Literacy Across the Disciplines. *Reading Teacher*, 69(3), 287–295. doi: 10.1002/trtr.1418
- Carvalho, M. P., & Kanashiro, D. S. K. (2021). Mídias digitais e produção audiovisual na disciplina de Espanhol como língua estrangeira: uma experiência no ensino médio integrado ao técnico. *Acta Scientiarum - Education*, 43, 1–11. doi: 10.4025/actascieduc.v43i1.48026
- Dendasck, C. (2020). *Quantos Artigos Científicos são necessários para fazer uma Revisão?* Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KR0aUiJyfhg>.
- Dyrvold, A. (2020). Relations between semiotic resources in mathematics tasks: a source of students’ difficulties. *Research in Mathematics Education*, 22(3), 265–283. doi: 10.1080/14794802.2019.1689160
- Flores, J. B., Lima, V. M. R., & Müller, T. J. (2020). Convergências e Complementaridades entre as Teorias dos Três Mundos da Matemática e a da Sociointeratividade. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 34(68), 1341–1358. doi: 10.1590/1980-4415v34n68a24
- Galvão, M. C. B., & Ricarte, I. L. M. (2019). Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. *Logeion: Filosofia da Informação*, 6(1), 57–73. doi: 10.21728/logeion.2019v6n1.p57-73
- Galvão, T. F., & Pereira, M. G. (2014). Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 23(1), 183–184. doi: 10.5123/S1679-49742014000100018
- González, R. (2021). *Jogos Matemáticos: Enigmas Matemáticos. Coquinhos*. 2021.
- Goulart, A. T., Pucci, M. O., Godoy, N. G., & Bastos, S. R. S. (2018). Dificuldades no aprendizado de matemática: percepção de estudantes de duas escolas públicas de Anita Garibaldi. *Cientifico*, 18(37), 1–27.
- Kibar, P. N., & Akkoyunlu, B. (2016). University students’ visual cognitive styles with respect to majors and years. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(2), 321–333. doi: 10.12973/eurasia.2016.1212a
- Lampen, E., & Brodie, K. (2020). Becoming mathematical: Designing a curriculum for a mathematics club. *Pythagoras*, 41(1), 1–15. doi: 10.4102/pythagoras.v41i1.572
- Lima, L. G. (2019). A teoria dos registros de representação semiótica: contribuições para o ensino e aprendizagem da física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(3), 196–221. doi: 10.22600/1518-8795.ienci2019v24n3p196
- Lira, M. R., & Teixeira, F. M. (2020). A explicação como tipo textual nos livros didáticos de ciências naturais – aproximações teórico-metodológicas. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 11(6), 55–72. doi: 10.26843/rencima.v11i6.2533
- Lopes, A. L. M., & Fraccolli, L. A. (2008). Revisão sistemática de literatura e metassíntese qualitativa: considerações sobre sua aplicação na pesquisa em enfermagem. *Texto & Contexto - Enfermagem*, 17(4), 771–778. doi: 10.1590/S0104-07072008000400020
- Marinho, J. B. (2019). *Apropriação de conceitos referentes à polinização a partir de representações imagéticas de estudantes do Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências. Londrina: Universidade Estadual de Londrina.
- Marita, S., Hord, C., & Hendricks, J. (2021). Using visual strategies simultaneously to support students with learning disabilities in mathematics. *Support for Learning*, 36(3), 327–341. doi: 10.1111/1467-9604.12365
- Moda, S. C. (2017). *O ensino da ciência e a experiência visual do surdo: o uso da linguagem imagética no processo de aprendizagem de conceitos científicos*. Dissertação de Mestrado Acadêmico em Educação em Ciências na Amazônia. Manaus: Universidade do Estado do Amazonas.
- Montoito, R. (2019). Entrelugares: pequeno inventário inventado sobre matemática e literatura. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 33(64), 892–915. doi: 10.1590/1980-4415v33n64a22

- Moretti, V.D., Virgens, W.P., & Romeiro, I.O. (2021). Generalização Teórica e o Desenvolvimento do Pensamento Algébrico: contribuições para a formação de professores dos Anos Iniciais. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 35(71), 1457–1477. doi: 10.1590/1980-4415v35n71a11
- Pacheco, M.B., & Andreis, G.D.S.L. (2018). Causas das dificuldades de aprendizagem em Matemática: percepção de professores e estudantes do 3o ano do Ensino Médio. *Revista Principia*, 1(38).
- Quadros, A.L., & Giordan, M. (2019). Rotas de transição modal e o ensino de representações envolvidas no modelo cinético molecular. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(3), 74–100. doi: 10.22600/1518-8795.ienci2019v24n3p74
- Rego, S.C.R., & Gouvêa, G. (2013). Imagens na disciplina escolar física: possibilidades de leitura. *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(1), 127–142.
- Ricardi, L.M., Shimizu, H.E., & Santos, L.M.P. (2020). Conferências de saúde: metassíntese de boas práticas, obstáculos e recomendações a partir de experiências no Brasil, 1986-2016. *Saúde e Sociedade*, 29(1), 1–17. doi: 10.1590/S0104-12902020181084
- Sant'Anna, C.M. (2016). Imagens e narrativas na pesquisa com ambientes virtuais de aprendizagem: caminhos e descaminhos de uma busca por metodologias de pesquisa nos/nos/com os cotidianos. *Periferia*, 8(2), 153–180.
- Santos, D.R. (2013). *Limites e Potencialidades do Uso de Tirinhas na Significação de Conceitos de Física no Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado em Educação nas Ciências. Ijuí: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.
- Santos, P.N. (2016). *As leituras verbais e imagéticas que podemos fazer de nosso entorno*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciência e Matemática. Campinas: Universidade Estadual de Campinas.
- Silva, A.C.S.F. (2019). *Leitura de tirinhas em sala de aula nos 7os anos do ensino fundamental: uma abordagem pelos aspectos enquadramento, planos e ângulos de visão e sequencialidade*. Dissertação de Mestrado em Letras. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora.
- Silva, M.C., & Silva, P.S. (2021). Integrando arte e ciência na formação de professores de química: uma análise semiótica peirceana. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(1), 244–260. doi: 10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p244
- Silveira, M.R.A. (2014). Tradução de textos matemáticos para a linguagem natural em situações de ensino e aprendizagem. *Educação Matemática Pesquisa*, 16(1), 47–73.
- Susac, A., Bubic, A., Vrbanc, A., & Planinic, M. (2014). Development of abstract mathematical reasoning: The case of algebra. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1–10. doi: 10.3389/fnhum.2014.00679
- Yeo, J., Lim, E., Tan, K. C. D., & Ong, Y. S. (2021). The Efficacy of an Image-to-Writing Approach to Learning Abstract Scientific Concepts: Temperature and Heat. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19(1), 21–44. doi: 10.1007/s10763-019-10026-z