

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO CIENTÍFICA,
EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA**

NEUMAR REGIANE MACHADO ALBERTONI

**ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE MATEMÁTICA: COMO OS
CONTEÚDOS SE FAZEM PRESENTES**

CURITIBA

2021

NEUMAR REGIANE MACHADO ALBERTONI

**ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE MATEMÁTICA: COMO OS
CONTEÚDOS SE FAZEM PRESENTES**

**Educational Robotics in Teaching Mathematics: How Contents Make
Presents**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, para qualificação, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Formação Científica, Educacional e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Kalinke

CURITIBA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



NEUMAR REGIANE MACHADO ALBERTONI

ROBÓTICA EDUCACIONAL NO ENSINO DE MATEMÁTICA: COMO OS CONTEÚDOS SE FAZEM PRESENTES

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Ciências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Ensino, Aprendizagem E Mediações.

Data de aprovação: 30 de Novembro de 2020

Prof Marco Aurelio Kalinke, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Luciane Ferreira Mocrosky, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Vitor Jose Petry, Doutorado - Universidade Federal da Fronteira Sul (Uffs)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 30/11/2020.

Dedico esta pesquisa ao meu esposo, Alexandre, e aos meus filhos, Mateus e Lukas, pelo apoio e incentivo recebidos durante todo caminho percorrido ao longo do curso. Também agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Marco Aurélio Kalinke, que se fez presente em todos os momentos com sábias orientações e muita paciência ao direcionar este estudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado a vida e me proporcionar momentos como este, de grande aprendizado e crescimento pessoal e profissional.

A toda minha família e amigos, que de alguma forma me motivaram a sempre continuar em busca da conclusão deste sonho.

Aos meus pais, Elis e Osvaldo, por me apoiarem em todos os momentos difíceis e sempre demonstrarem apoio e confiança.

Ao meu esposo, Alexandre, que me incentivou a iniciar esse curso.

Aos meus filhos, Matteus e Lukas, por entenderem os momentos de ausência e por sempre me confortarem com palavras de incentivo.

Às minhas amigas, Érica e Giane, companheiras de pesquisa sobre a Robótica Educacional, que foram essenciais para a construção deste trabalho.

À minha amiga Bruna, que leu o texto e contribuiu com dicas valiosas para o seguimento da pesquisa. Suas colocações foram fundamentais.

À minha amiga Fabíola, que conheci durante a caminhada do curso. Suas palavras de conforto me ajudaram a organizar as ideias no decorrer da pesquisa.

À professora Cida, que se tornou uma grande amiga, sempre disposta a ouvir e dirimir diversas dúvidas com dicas valiosas sobre a escrita.

À professora Nara, que com todo seu conhecimento fez a revisão textual e sugeriu a organização textual, colaborando imensamente com o resultado desse estudo.

Ao GPTEM, pelas colaborações e leituras realizadas na construção do conhecimento coletivo.

À Dr.^a Maria Lúcia Panossian, minha professora e orientadora de estágio na graduação em Matemática. Com enorme admiração, agradeço por aceitar fazer parte desse momento e apresentar contribuições muito valiosas para o trabalho de investigação.

Ao Prof. Dr. Vitor José Petry, por aceitar compor a banca desta pesquisa e apresentar diversas contribuições ao andamento do estudo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marco Aurélio Kalinke, por ter confiado e aceitado caminhar comigo nessa aventura da Robótica Educacional, pela grande parceria e pelos momentos de aprendizado.

RESUMO

ALBERTONI, Neumar Regiane Machado. **Robótica Educacional no Ensino de Matemática: Como os Conteúdos se Fazem Presentes**. 131 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2021.

O desenvolvimento de diferentes Tecnologias Digitais (TD) voltadas para o Ensino de Matemática vem contribuindo para o aumento de pesquisas que estudam as possibilidades de uso destas nas atividades escolares com fins pedagógicos. Neste viés, o presente estudo está direcionado ao Ensino de Matemática e tem como objetivo identificar e apresentar como os conteúdos matemáticos estão sendo abordados nas atividades com o uso da Robótica Educacional (RE) enquanto recurso no processo de ensino. Assim sendo, preocupa-se em responder à seguinte questão: como os conteúdos matemáticos se fazem presentes quando se utiliza a RE como recurso? Para respondê-la, realizamos uma pesquisa de cunho qualitativo e exploratório, por meio de um Mapeamento Sistemático (MS), seguido de meta-análise de artigos contidos nos periódicos da CAPES com Qualis (A1, A2, B1 e B2) e das dissertações e teses disponíveis na base da CAPES e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) publicadas nos últimos vinte e quatro anos que abordem simultaneamente Ensino de Matemática e Robótica Educacional. Como resultado, identificamos que os conteúdos mais abordados nos trabalhos estudados estão relacionados à Geometria Plana, com utilização de kits LEGO e software de programação próprio do kit. Além disso, destacamos a teoria construcionista como a abordagem teórica mais citada nos trabalhos analisados e que os conteúdos matemáticos são evidenciados a partir de tendências metodológicas, com destaque para a resolução de problema e investigação matemática. Com os resultados obtidos, identificamos na literatura, possibilidades de uso da RE para o ensino de conceitos matemáticos, mas identificamos uma escassez de materiais que apontassem um caminho para o professor que pretende iniciar o uso desse recurso. Nesse contexto, apresentamos, como produto educacional, uma proposta para iniciar o uso da RE nas aulas de Matemática, suportada pela Base Nacional Curricular Comum.

Palavras-chave: Ensino de Matemática. Tecnologias Digitais. Robótica Educacional. Micro:bit.

ABSTRACT

ALBERTONI, Neumar Regiane Machado. **Educational Robotics in the Teaching of Mathematics: How Contents are Present.** 131 f. Dissertation - Graduate Program in Scientific, Educational and Technological Training, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2021.

The development of different Digital Technologies (TD) aimed at the Teaching of Mathematics has contributed to the increase in research that studies the possibilities of using these school activities for educational purposes. In this bias, the present study is directed to the Teaching of Mathematics and aims to identify and present how the mathematical contents are included in activities with the use of Educational Robotics (RE) as a resource in the teaching process. Therefore, this research is concerned with answering the following question: how are the mathematical contents present when using RE as a resource? To answer it, we conducted a qualitative and exploratory research, through a systematic mapping (MS), followed by meta-analysis of articles contained in CAPES journals with Qualis (A1, A2, B1 and B2) and as dissertations and theses available on the basis of CAPES and the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD) published in the last twenty-four years that simultaneously address the Teaching of Mathematics and Educational Robotics. As a result, we identified that the most common contents in the studies studied are related to Flat Geometry, using LEGO kits and the kit's own programming software; in addition, we highlight constructionist theory as the theoretical approach most cited in the studies studied and that mathematical content is evidenced from methodological trends, with emphasis on problem solving and mathematical investigation. With the results obtained, we identified in the literature, possibilities of using the ER for teaching mathematical concepts, but we identified a shortage of materials that pointed out a path for the teacher who intends to start using this resource. In this context, we present, as an educational product, a proposal to start the use of RE in Mathematics classes, supported by the Common National Curricular Base.

Keywords: Mathematics teaching. Digital Technologies. Educational Robotics. Micro:bit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura metodológica	26
Figura 2 – Fases do MS	27
Figura 3 - Tela inicial de busca por periódicos classificados pelo qualis	33
Figura 4 - Fluxograma do processo de aplicação de critérios e parametrização de descritores.....	38
Figura 5 - Análise vertical das categorias.....	40
Figura 6 – Caminhos para os primeiros kits de robótica educacional	54
Figura 7 - Tartaruga amarela do logo.....	57
Figura 8 - Esboço do robô tartaruga.....	58
Figura 9 - Espiral de aprendizagem criativa	60
Figura 10 - Modelo de robótica integrada ao currículo	68
Figura 11 - Nuvem de palavras com mais frequentes termos identificados nos resumos das pesquisas.....	74
Figura 12 - Nuvem de palavras com os frequentes termos identificados nas palavras-chave das pesquisas	75
Figura 13 - Nuvem de palavras com os frequentes conteúdos matemáticos identificados das pesquisas.....	75
Figura 14 – Categorias de análise relacionadas ao ensino de conceitos matemáticos evidenciados nos trabalhos	104
Figura 15 – Metodologias de Ensino de Matemática e aspectos teóricos que se revelaram nos trabalhos.....	108
Figura 16 - Resultados encontrados na pesquisa	120
Figura 17 - Capítulos do Produto Educacional	121
Figura 18 - Proposta de atividade que consta no produto Educacional	122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Strings de busca.....	31
Quadro 2 - Fases das TD na Educação Matemática.....	51
Quadro 3 - Lego Mindstorms RCX	63
Quadro 4 - Lego Mindstorms NXT.....	63
Quadro 5 - Lego Mindstorms EV3	64
Quadro 6 – Artigos sobre robótica em periódicos brasileiros publicados entre 1996 e 2019	70
Quadro 7 - Dissertações brasileiras sobre robótica disponibilizadas pela Capes e BDTD entre 1996 e 2019	71
Quadro 8 - Caracterização das pesquisas para o fichamento.....	73
Quadro 9 – Distribuição quantitativa dos trabalhos investigados por região, instituição e dependência administrativa.....	77
Quadro 10 - Fichamento do trabalho de Accioli (2005).....	81
Quadro 11 - Fichamento do trabalho de Fagundes et al. (2005).....	82
Quadro 12 - Fichamento do trabalho de Maliuk (2009).....	83
Quadro 13 - Fichamento do trabalho de Furletti (2010)	84
Quadro 14 - Fichamento do trabalho de Leitão (2010).....	85
Quadro 15 - Fichamento do trabalho de Moraes (2010)	86
Quadro 16 - Fichamento do trabalho de Nascimento (2012)	87
Quadro 17 – Fichamento do trabalho de Martins (2012).....	88
Quadro 18 - Fichamento do trabalho de Almeida Neto (2014).....	89
Quadro 19 - Fichamento do trabalho de Gomes (2014).....	89
Quadro 20 - Fichamento do trabalho de Rodarte (2014).....	90
Quadro 21 - Fichamento do trabalho de Oliveira (2015)	91
Quadro 22 - Fichamento do trabalho de Martins e Fernandes (2015).....	92
Quadro 23 - fichamento do trabalho de Rodrigues (2015)	93
Quadro 24 - Fichamento do trabalho de Wildner (2015)	94
Quadro 25 - Fichamento do trabalho de Santos (2016)	94
Quadro 26 - Fichamento do trabalho de Casagrande (2017).....	95
Quadro 27 - Fichamento do trabalho de Oliveira (2017)	96
Quadro 28 - Fichamento do trabalho de Armão (2018).....	97
Quadro 29 - Fichamento do trabalho de Galvão (2018).....	98

Quadro 30 - Fichamento do trabalho de Maffi (2018).....	99
Quadro 31 - Fichamento do Trabalho de Aragão (2018).....	100
Quadro 32 - Fichamento do trabalho de Barbosa (2019).....	101
Quadro 33 - Fichamento do trabalho de Rüdell (2019)	102
Quadro 34 – Comparação das questões e objetivos da pesquisa	105
Quadro 35 – Vantagens e desvantagem no uso da robótica educacional junto a tendência metodológica de jogos.....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de periódicos por filtro e avaliação Qualis.....	33
Tabela 2 – Quantidade de trabalhos por <i>strings</i> de busca	34
Tabela 3 – Quantidade de trabalhos por parâmetro e base de busca.....	35
Tabela 4 – Quantidade de trabalhos por critério de inclusão	36
Tabela 5 – Distribuição quantitativa de trabalhos por descritor	37
Tabela 6 – Distribuição quantitativa de subfocos temáticos de Geometria dos 24 trabalhos encontrados no Mapeamento Sistemático.....	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual de trabalhos encontrados usando a string de busca	35
Gráfico 2 - Formação dos autores dos trabalhos sobre robótica pesquisados.....	78
Gráfico 3 - Kits de RE utilizados nas atividades práticas	79
Gráfico 4 - <i>Softwares</i> de RE utilizados nas atividades práticas.....	79
Gráfico 5 – Conteúdos matemáticos identificados nos trabalhos	106

LISTA DE SIGLAS

BDTD	Biblioteca Digital de Teses e Dissertações
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento e Educação
GPTEM	Grupo de Pesquisa sobre Tecnologias em Educação Matemática
IA	Inteligência Artificial
MEC	Ministério da Educação
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MSC	Mapeamento Sistemático Crítico
NIED	Núcleo de Informática Aplicada à Educação
PPGECM	Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e em Matemática
PPGFCET	Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica
PROFMAT	Mestrado Profissional em Matemática em Rede nacional
RE	Robótica Educacional
SEED	Secretaria de Estado da Educação e do Esporte
S4A	Scratch for Arduino
TPACK	Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

® - MARCA REGISTRADA

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	21
1.2. OBJETIVO	22
2. METODOLOGIA	23
2.1. MAPEAMENTO SISTEMÁTICO	27
2.2. PLANEJAMENTO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO	27
2.2.1. Objetivo e Questão de Pesquisa	28
2.2.2. Bases de coletas de dados	28
2.2.3. <i>Strings</i> de busca.....	29
2.2.4. Critérios de inclusão e exclusão.....	32
2.3. CONDUÇÃO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO	32
2.3.1. Identificação e seleção dos estudos primários	32
2.3.2. Extrair e sintetizar os dados	36
2.4. PROCESSO DE ANÁLISE DOS RESULTADOS ENCONTRADOS NO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO.....	39
3. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS: PERSPECTIVAS HISTÓRICAS DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS	41
3.1. TECNOLOGIAS DIGITAIS NA SOCIEDADE.....	41
3.2. TECNOLOGIAS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	48
3.3. CONSTRUCIONISMO: SURGIMENTO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL.....	52
3.4. PERSPECTIVA HISTÓRICA DA ROBÓTICA EDUCACIONAL NO CONTEXTO BRASILEIRO.....	65
4. RESULTADOS ENCONTRADOS NO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO	70
4.1. DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS.....	70
4.1.1. Características gerais das pesquisas mapeadas	77
4.2. PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO	80
5. META-ANÁLISE QUALITATIVA DOS RESULTADOS ENCONTRADOS NO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO	104
6. CONSIDERAÇÕES	118
REFERÊNCIAS	123

1. INTRODUÇÃO

Após terminar o curso de licenciatura em Matemática, em 2018, comecei a participar do Grupo de Pesquisa sobre Tecnologias em Educação Matemática (GPTM), vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica (PPGFCET), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), e ao Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e em Matemática (PPGECM), da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Esse grupo despertou-me o interesse de estar mais atenta às pesquisas voltadas para os recursos tecnológicos educacionais, em especial, aos voltados à robótica e à programação computacional.

O GPTM desenvolve estudos e pesquisas relacionados ao uso de Tecnologias na Educação Matemática. Ao longo do tempo, já abordou temas como a Lousa Digital e os Objetos de Aprendizagem. Atualmente, o grupo está desenvolvendo também pesquisas sobre Inteligência Artificial (IA) e Robótica Educacional (RE).

Nesse grupo de pesquisa, há outras pesquisadoras envolvidas em estudos sobre tal temática, além da pesquisa aqui apresentada. Uma delas estuda os materiais que estão sendo utilizados em escolas da Prefeitura Municipal de Curitiba, denominados LudoBot¹. Outra pesquisa relaciona a RE à Educação do Campo, investigando de que modo a RE pode contribuir para o Ensino de Matemática nesse contexto.

A motivação para a pesquisa aqui apresentada emergiu de uma inquietação decorrente da primeira vez em que fui entrevistada para atuar como docente em uma escola particular. A vaga buscava um (a) professor(a) licenciado(a) em Matemática para ministrar aulas de RE, o que me causou bastante desconforto, pois, até então, o meu conhecimento sobre o assunto era restrito.

A incumbência atribuída ao professor de Matemática no que diz respeito à RE me inquietou mais ainda. Embora envolvida em projetos como o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), o que me possibilitou experiências com diferentes tendências metodológicas do Ensino de Matemática, eu não chegara a ter contato com o contexto da RE.

¹ Kit de Robótica atualmente utilizado em algumas escolas municipais no município de Curitiba – PR.

Nesse prisma, sentindo-me desafiada, fui em busca de informações sobre essa temática para tentar entender possíveis vínculos da RE com a Educação Matemática. Em uma primeira busca geral em diversos sites, percebi um campo de atuação nos campeonatos de robótica, muitas vezes realizados por equipes formadas por estudantes de escolas públicas e privadas.

Consultei a literatura, iniciando pelo catálogo de teses e dissertações da CAPES, na busca por “robótica educacional” e identifiquei, como primeira publicação, uma dissertação intitulada “Processos cognitivos de professores num ambiente construtivista de robótica educacional”, defendida por Paulo Padilha Petry, em 1996, no Mestrado de Psicologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Percebi que seria bastante desafiador entender esse assunto e decidi enfrentá-lo.

Na busca por trabalhos de RE vinculados ao ensino de conceitos matemáticos, identifiquei a dissertação “Robótica educacional como cenário investigativo nas aulas de matemática”, defendida por Karina Disconsi Maliuk, em 2009, também na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a qual me revelou possibilidades de pesquisa. Percebendo a utilização da RE em escolas, com práticas relatadas em pesquisas acadêmicas em datas não muito recentes, fiquei instigada a entender as articulações da RE com a Educação Matemática.

De maneira simultânea à minha participação no GPTEM, e juntamente a essa minha inquietação, tive uma vivência pedagógica em uma escola de robótica situada na cidade de Araucária-PR, inaugurada em julho de 2018. A partir dessa experiência, percebi que a RE, naquela escola, era um elemento importante para a promoção do trabalho coletivo e compunha o trabalho de incentivo aos estudantes pensarem e solucionarem problemas matemáticos entre outros.

A escola utilizava o material da Modelix Robótica Educacional², de uma empresa nacional que desenvolve, fabrica e comercializa kits de Robótica. Ao inteirar-me sobre o material usado, notei que a montagem do robô é completamente descrita no manual de instruções, com um passo a passo, e neste caso, o desafio consistia na programação dos robôs.

² “A Modelix Robotics é uma empresa genuinamente nacional, que fabrica, desenvolve e comercializa kits para ensino de Robótica Educacional há mais 15 anos”. Disponível em: <<https://www.modelix.com.br>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

Após conhecer um pouco dessa realidade, comecei a pesquisar mais profundamente sobre este assunto. Com o intuito de perceber práticas de RE, visitei escolas particulares e públicas; participei como jurada em campeonatos de Robótica e fui monitora em uma instituição que oferece cursos de RE.

Nessa instituição, conheci três modelos de kits Lego³ de RE. Esses kits possuem motores, sensores e peças para montagem de robôs. A programação pode ser realizada em um software compatível com o sistema operacional de vários modelos de smartphones, tablets e computadores. Confesso que fiquei interessada em conhecer mais sobre essa tecnologia e, para isso, fui em busca de teorias e estudos relacionados a essa temática.

Da minha experiência como monitora de oficinas com uso da RE, nas quais realizei aplicações e muitos questionamentos surgiram, os quais me levaram à busca teórica e a interações com profissionais que atuam na área. O ponto alto do desafio que eu já enfrentava era relacionar os conceitos e conteúdos matemáticos explorados no decorrer das atividades de RE.

A RE faz o uso e, ao mesmo tempo, compõe o conjunto de Tecnologias Digitais (TD), uma vez que os dispositivos robóticos são programados e controlados por equipamentos digitais como computadores, *tablets* e *smartphones*. Os códigos informáticos podem ser criados em diferentes linguagens de programação e, algumas vezes, podem ser simulados em programas virtuais.

Já não é mais novidade que as TD estão inseridas nos contextos, sociais, culturais, educacionais e pedagógicos. No decorrer das últimas décadas, tais tecnologias movimentam e motivam pesquisas em diferentes áreas, inclusive na Educação Matemática. Sendo assim, muitas pesquisas buscam discutir a presença do uso de tecnologias no cenário educacional com o intuito de identificar possibilidades junto ao uso das TD no processo de Ensino de Matemática, tais como os estudos realizados no GPTEM.

Por Tecnologias Digitais compreendemos com Lévy (2010a, p. 32), as que surgiram com “[...] a infraestrutura do ciberespaço, novo espaço de comunicação, de sociabilidade, de organização e de transação, mas também novo mercado da informação e do conhecimento”. Seguindo essas ideias, Kenski (2012) ressalta que as tecnologias digitais e o ciberespaço, tidos como um novo espaço pedagógico,

³ Disponível em: <<https://www.legobrasil.com.br/temas/mindstorms%C2%AE>>. Acesso em 12 mai. 2019.

apresentam possibilidades e desafios para atividades cognitivas, afetivas e sociais dos estudantes e dos professores de diferentes níveis de ensino.

Assim, "o ciberespaço não compreende apenas materiais, informações e seres humanos, é também constituído e povoado por seres estranhos, meio texto meio máquinas, meio atores, meio cenários: os programas" (LÉVY, 2010a, p. 41). Para o autor da citação, desde o início da informática, engenheiros, matemáticos e linguistas têm se esforçado para deixar a linguagem de programação mais próxima da utilizada usualmente no cotidiano.

No cenário escolar, dentre os recursos pedagógicos que utilizam as TD em metodologias de ensino, um deles é a RE, tema desta pesquisa.

A Robótica, de modo geral, já existe há algum tempo, porém foi no final do século XX que deixou de ser assunto exclusivo de pesquisadores e diretores de filme, passando a emergir no universo educacional como oportunidade para estudantes criarem artefatos robóticos. Em vista disso, um grupo de pesquisadores resolveu levar a Robótica para escola e estudar possibilidades de seu uso pedagógico.

Essa iniciativa teve origem no grupo coordenado por Seymour Papert, do Massachusetts Institute of Technology (MIT) Media Lab, em 1980, e estendeu-se a outros pesquisadores, como Fred Martin, Mitchel Resnick e Steve Ocko. Com o estudo da utilização da Robótica no contexto educacional, foram desenvolvidos kits de Robótica e softwares para execução de programação de robôs por crianças e adolescentes. Assim, a Robótica passou a ser estruturada para ser trabalhada nas escolas.

Os primeiros kits de RE desenvolvidos no MIT eram compostos por peças da Lego, motores e sensores. Por terem um custo alto, era preciso um grande investimento para adquiri-los e, até então, eram uma novidade a que poucos tinham acesso.

Hoje, a RE tem se mostrado presente em escolas particulares e, aos poucos, tem chegado ao ensino público, com a proposta de utilização de kits mais acessíveis e softwares livres. O uso da Robótica como um recurso tecnológico na educação passou a ter repercussão nos meios acadêmicos e escolares brasileiros nos últimos anos, com a disseminação de novos cursos e projetos voltados para a temática (CAMPOS; LIBARDONI, 2020).

Entendo que integrar a Robótica ao currículo se justifica pelo fato de ser um recurso tecnológico que propicia a participação dos estudantes na construção do conhecimento. Além disso, a RE pode contribuir para o desenvolvimento de projetos pedagógicos que incitem a autonomia dos envolvidos; que explorem formas diferenciadas de ensinar os conteúdos curriculares e de desenvolver habilidades específicas. Para os estudantes, ela pode estimular a criatividade, pelo fato de os aprendizes poderem construir e programar robôs para diferentes finalidades e práticas cotidianas.

Nesse cenário, a criatividade pode permear a ação dos estudantes durante todas as etapas de uma atividade de RE e potencializar o alcance desse recurso tecnológico nos processos de ensino (CAMPOS, 2019).

Procurando identificar e apresentar dados sobre o uso da RE para o ensino de conteúdos matemáticos, percebi a necessidade de realizar um mapeamento, seguido de uma meta-análise, dos trabalhos encontrados na literatura brasileira sobre o tema. Para isso, optei por utilizar uma técnica de coleta de dados das Ciências da Educação denominada “Mapeamento Sistemático” (MS). Fragoso (2017) e Brito (2019) apresentam um panorama geral desse procedimento cuja descrição e forma de inserção podem ser encontradas em Motta, Basso e Kalinke (2019).

Com o MS, levantei os trabalhos que tratam da RE em conjunto com o ensino de Matemática, identificando os conteúdos matemáticos que se fazem presentes nesses estudos, considerados na investigação que ora relato. Após o MS realizei a leitura dos trabalhos inventariados para elaboração de uma meta-análise.

Por ser composto no âmbito de um mestrado profissional que visa a contribuir para propagar o uso da RE no meio educacional, este trabalho apresenta os resultados da investigação, cuja origem resumi até aqui, e o produto pedagógico que dela decorre.

Esse produto é voltado para atender aos professores de matemática da educação básica na forma de um guia didático, o qual apresenta alguns caminhos e possibilidades de inserção e uso da RE como recurso construcionista para o ensino de conceitos matemáticos específicos. Para o desenvolvimento do produto,

faço uso das placas Arduino⁴ e Micro:bit⁵ devido às possibilidades que elas apresentam para uso educacional, descritas adiante, e ao baixo custo delas em relação a outros produtos oferecidos no mercado.

Portanto, esta pesquisa apresenta um MS de estudos brasileiros sobre RE, seguido de uma análise crítica e de um guia didático para inserção e uso da RE no ensino fundamental e no ensino médio. Em síntese, são objetivos específicos deste trabalho identificar argumentos teóricos para a inserção da RE em escolas brasileiras; apresentar uma revisão dos indicativos pedagógicos da RE no ensino de conteúdos matemáticos, e, descrever como o uso da RE pode ser viável ao ensino da matemática. Para tanto, o trabalho tem a seguinte estrutura:

Este Capítulo 1 traz a introdução do assunto investigado, bem como, a delimitação do problema, o objetivo e a indicação metodologia de pesquisa desenvolvida. Também aqui são mostrados os dados qualitativos coletados para o estudo.

Os caminhos metodológicos estão descritos parcialmente no Capítulo 2. Das quatro fases do estudo, duas delas (3^a e 4^a fases) incluem os resultados obtidos com o MS, os quais se encontram no Capítulo 4.

No Capítulo 3, são explicitados os pressupostos teóricos que embasam a análise dos dados. Com o intuito de evidenciar o uso das TD na sociedade e na educação, os estudos de Pierre Lévy têm destaque. Já a relevância do construcionismo é indicada a partir das contribuições de Seymour Papert para a RE. Composto este capítulo, também são denotados aspectos teóricos a respeito da utilização das TD na Educação Matemática e aspectos históricos da RE no contexto brasileiro.

No Capítulo 4, são apresentados os dados das duas últimas fases (3^a e 4^a) do estudo.

⁴ Segundo definição da página oficial, o Arduíno é uma plataforma *open source* de prototipagem eletrônica com hardware e software, destinado a qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos. O Arduíno é uma plataforma composta por dois componentes: A placa, que é o hardware, utilizado para monitorar os sinais dos sensores; e o software, destinado para a construção do programa que irá executar os comandos na placa. Disponível em: <www.arduino.cc>. Acesso em 12 jan. 2020.

⁵ A placa micro:bit é o pequeno computador composto de sensores que podem detectar movimento, luz, temperatura e magnetismo. Ele usa o rádio para se comunicar entre os dispositivos e seu processador é considerado potente. Disponível em: <<https://microbit.org/get-started/home-learning/>>. Acesso em: 01 mar. 2020.

Por fim, o Capítulo 5 discute os resultados encontrados na meta-análise realizada com os fichamentos que foram construídos no portfólio bibliográfico do MS.

Os tópicos fundamentais da investigação são apresentados a seguir.

1.1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Muitos são os aparatos tecnológicos disponíveis que podem ser utilizados na área educacional e, dentre todos, a RE foi um dos que mais nos causou inquietude devido à necessidade de entender a sua relevância para o ensino de conteúdos matemáticos.

Percebemos que, muitas vezes, os nomes de matemáticos são relacionados a inovações tecnológicas. Kalinke, Mocrosky e Estephan (2013) indicam que matemáticos e educadores matemáticos estiveram presentes no desenvolvimento e no processo evolutivo dos computadores e das tecnologias.

Campos e Libardoni (2020) apresentaram um histórico da RE no contexto brasileiro, abrangendo o período de 1994 a 2016, com base em revisão sistemática de teses e dissertações. O estudo expôs aspectos qualitativos e quantitativos de um total de 73 trabalhos, dos quais 45 autores tinham formação básica em alguma licenciatura. Destes, 38 tinham pós-graduação em educação. Do total dos trabalhos, 7 estavam relacionados a programas de educação Matemática e 10 tinham como objetivo principal estudar o uso da RE vinculada a conceitos matemáticos.

Esse movimento de pesquisadores interessados em caracterizar a RE como um recurso para o ensino de conceitos matemáticos nos despertou interesse pelo campo de pesquisa em construção. A busca pela gênese de estudos que abrangem conceituação matemática e RE nos levou a Seymour Papert e sua equipe do MIT, a conferir no capítulo de aportes teóricos deste trabalho.

A escola é a instituição responsável pela formação integral de crianças e adolescentes, o que abrange a construção de inúmeras habilidades e competências psicossociais, intelectuais e operatórias. Entendemos que a RE se caracteriza por ser um recurso pedagógico que conecta habilidades conceituais, procedimentais e atitudinais na resolução de problemas concretos quando professores não a concebem apenas como “Robótica técnica e sim uma Robótica a serviço da

educação, em que os alunos participam do processo de construção, montagem, automação e controle dos dispositivos” (REZENDE; D’ABREU, 2003, p. 138).

Nessa perspectiva, é pertinente a realização de pesquisas que apresentem como esse recurso vem sendo construída nas escolas, especificamente no que diz respeito ao ensino da Matemática.

Conforme Motta, Kalinke e Mocrosky (2018):

[...] pesquisas com esta proposta propiciam um levantamento do estado do conhecimento produzido num determinado tempo e local, trazendo informações relevantes para pesquisadores e docentes que buscam propostas que contribuam com seu planejamento cotidiano e investigativo (MOTTA; KALINKE; MOCROSKY, 2018, p. 65).

Sendo assim, definimos como pergunta diretriz para esta pesquisa a que segue: Como os conteúdos matemáticos se fazem presentes quando se utiliza a Robótica Educacional enquanto recurso nas escolas brasileiras de ensino fundamental e médio?

1.2. OBJETIVO

Este estudo apresenta como objetivo principal mapear e analisar como os conteúdos matemáticos são abordados em atividades de Robótica Educacional no processo de ensino de nível fundamental e médio em escolas brasileiras.

Com o intuito de apresentar caminhos e possibilidades para os professores interessados na temática da RE, neste trabalho apresentamos um produto pedagógico que decorre dos resultados encontrados no processo investigativo, o Guia didático para inserção e uso da RE no ensino fundamental e médio. Este material será disposto em um repositório para ser utilizado por professores que iniciam pedagógicas com a RE. Na sequência, apresentamos a metodologia que compõe essa pesquisa.

2. METODOLOGIA

Tendo assumido buscar compreender como os conteúdos matemáticos estão presentes em atividades que usam a RE como um recurso no ensino, como campo investigativo, apresentamos os caminhos percorridos no decorrer da pesquisa levando em conta o que dizem Lüdke e André (2013): ao se realizar uma pesquisa é necessário promover o confronto entre os dados e as informações coletadas sobre um assunto e o conhecimento disponível na literatura a respeito dele.

Esta pesquisa tem cum caráter exploratório, pois visa a proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito. Seguindo uma abordagem qualitativa, identificamos como os autores e pesquisadores estudados apresentam as possibilidades do uso da RE no ensino de matemática.

De acordo com Bicudo (2012), entendemos que a abordagem qualitativa de um determinado fenômeno investigado é sempre situada e contextualizada. Na mesma direção, temos em Kalinke (2009, p. 44) a afirmação de que a “pesquisa qualitativa é aquela que busca o entendimento em profundidade de um fenômeno específico. Ela trabalha com descrições, comparações e interpretações, em detrimento das estatísticas, regras e outras generalizações”. Assim, ao assumir a natureza qualitativa de nossa pesquisa, nosso olhar mais cuidadoso e reflexivo se fixou nos acontecimentos da produção de dados e análise de nosso tema de investigação.

A escolha desta abordagem metodológica possibilita ao pesquisador a ampliação de conhecimentos referentes a determinado assunto. Consiste em um estudo e sistematização de saberes já construídos por outros pesquisadores que, de alguma forma, investigaram assuntos correlatos. Com a finalidade de responder ao questionamento que norteia este trabalho, optamos por realizar um estudo sistemático em conjunto com uma análise crítica e reflexiva.

[...] os estudos sistemáticos são um meio de avaliar e interpretar todas as pesquisas disponíveis relevantes para uma determinada questão de pesquisa, área de tópico, ou fenômeno de interesse [...] tem por objetivo apresentar uma avaliação justa de um tema de pesquisa usando uma metodologia confiável, rigorosa e auditável (KITCHENHAM, 2004, p. 5).

Dentre esses estudos destacamos a Revisão Sistemática (RS) e o Mapeamento Sistemático (MS) como possibilidades de identificar, avaliar e interpretar as pesquisas disponíveis relevantes em determinado banco de dados para uma questão de pesquisa particular.

O mapeamento sistemático (MS) é uma revisão sistemática (RS) da literatura, com algumas especificidades. A segunda responde uma questão pontual, visa a elucidar novos aspectos para a investigação, enquanto o primeiro é mais abrangente, responde a mais questões, extraindo dados com foco classificatório para análise, utiliza sumarizações com gráficos e tem por objetivo influenciar o direcionamento de novas pesquisas (FRAGOSO, 2017, p. 42).

Para realizar este trabalho, optamos por adotar o MS, por abranger critérios precisos e reprodutíveis para localização de bibliografia, análise e relatórios; no qual o rigor científico e metodológico é definido por um protocolo que direciona todas as etapas do processo (FARIA, 2016).

O MS se destina a realizar uma revisão ampla de pesquisas primárias, sendo considerado como um estudo de tipo secundário. Segundo Falbo (2018, p.1), “estudos secundários visam revisar estudos primários relativos a certas questões de pesquisa, com o objetivo específico de integrar e sintetizar evidências relacionadas a essas questões”.

Para Motta, Basso e Kalinke (2019, p. 206), “o MS constitui-se como um estudo que busca identificar informações e correlações existentes nos trabalhos, estabelecendo as lacunas existentes na área”. Assim, considerando a importância de se discutir a produção acadêmica em relação a RE enquanto recurso tecnológico para o Ensino de Matemática, neste trabalho, buscamos identificar as pesquisas primárias acerca do tema no Brasil, produzidas entre o ano de 1996 a 2019, tendo em vista atingir o objetivo proposto. Tal período foi escolhido pelo fato de o primeiro trabalho sobre RE do catálogo de teses e dissertações CAPES ter sido defendido em 1996, e o levantamento até 2019, inclusive, se deveu à busca, tanto quanto possível, por resultados amplos, completos e atualizados.

A escolha do MS como abordagem metodológica foi justificada pelo fato de o mapeamento dos estudos sobre RE ser de profundo interesse para o avanço investigativo e pedagógico, uma vez que pretende mostrar o estado da arte sobre a temática. Dessa forma, serve para que possamos encontrar nos trabalhos científicos uma resposta para a questão fundamental deste estudo.

Esta pesquisa assemelha-se a um registro do estado do conhecimento sobre RE, visto que abrange os artigos disponíveis em periódicos brasileiros, bem como, as teses e dissertações que apresentem a RE como recurso tecnológico no Ensino de Matemática.

Para Melo (2006), o motivo da utilização do termo Estado do Conhecimento relaciona-se aos trabalhos:

[...] que realizam mapeamento da produção científica numa determinada área, buscando realizar uma “síntese integrativa do conhecimento” sobre um determinado tema, ou seja, aprofundar questões específicas. [...] esse tipo de pesquisa não é apenas uma revisão de estudos anteriores, mas busca, sobretudo, identificar as convergências e divergências, as relações e arbitrariedades, as aproximações e contrariedades existentes nas pesquisas e apresentam indícios e compreensões do conhecimento a partir de estudos acadêmicos, como Teses e Dissertações (p. 62).

Conforme o objetivo apresentado, o MS demonstrou ser a abordagem mais adequada por organizar os estudos primários existentes, uma vez que não identificamos trabalhos similares para o objeto de análise: conteúdos matemáticos presentes em atividades que utilizam a RE como recurso pedagógico. Tal fato nos leva a crer que esta pesquisa pode colaborar com os estudos de RE, pois corresponde ao que definem Motta, Kalinke e Mocrosky (2018, p. 69) sobre a abrangência de um MS: “uma área de conhecimento específica, permitindo a identificação dos aspectos conceituais envolvidos no estudo, limitações e potencialidades, além de possibilitar a categorização das informações”.

O MS, historicamente consolidado em outras áreas, propicia um levantamento de informações dos estudos já realizados; é um inventário de pesquisas já validadas pela comunidade científica. Nesta perspectiva, este trabalho pode contribuir com as áreas educacional e pedagógica pelo registro de novas evidências.

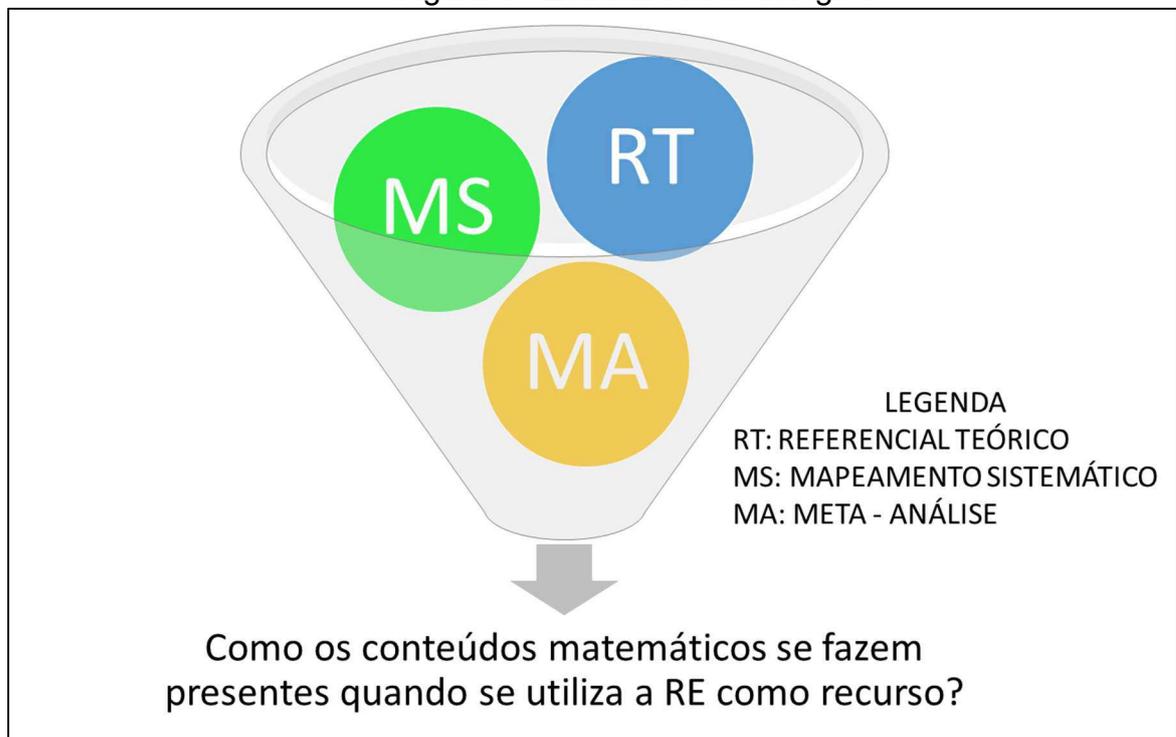
Pelo aqui exposto, este trabalho de MS segue as indicações de Kitchenham (2004), Falbo (2018) e Motta, Basso e Kalinke (2019), com o propósito de apresentar um panorama das pesquisas que tratam da temática de estudo.

Após a MS, apresentamos uma análise crítica dos trabalhos inventariados, embora, de modo geral, um MS não tenha isso como objetivo: “(...) o mapeamento de pesquisas preocupa-se mais com a caracterização dos estudos do que com a realização de conjecturas e análises sobre as informações investigadas” (MOTTA;

BASSO; KALINKE, 2019, p. 2016). Entendemos que tal análise elucida elementos relacionados à identificação dos conteúdos matemáticos que se fazem presentes nas práticas didáticas que utilizam a RE como recurso no processo de ensino. Por isso, a análise crítica se justifica como uma complementação ao MS realizado. Para esse procedimento, formulamos critérios específicos, apresentados adiante.

Na sequência, apresentamos as etapas de realização do MS, o referencial teórico fundamental, as sínteses das leituras dos trabalhos inventariados e as análises realizadas à luz dos pressupostos teóricos definidos para este estudo. A Figura 1 representa a estrutura metodológica desta investigação.

Figura 1 - Estrutura metodológica



Fonte: A Autora (2020).

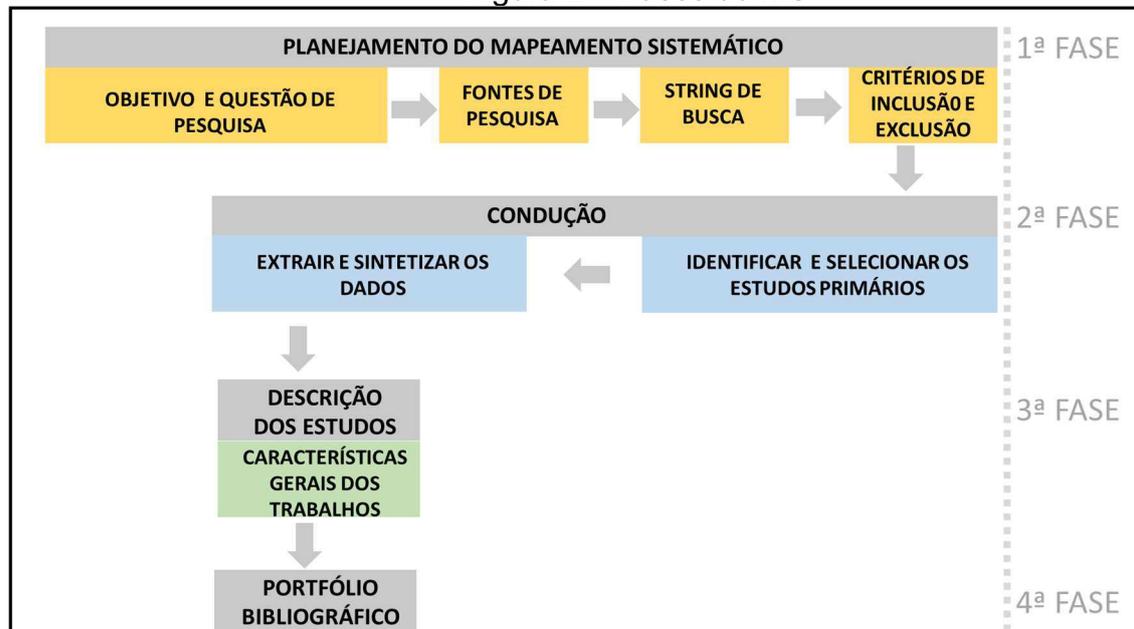
Neste prisma, para responder ao questionamento desta pesquisa, estruturamos os caminhos da seguinte forma: a) articulação dos pressupostos teóricos pautados pelos pesquisadores que contribuem com a temática deste estudo; b) MS propriamente dito, com o intuito de expor os dados pesquisados e c) construção da meta-análise a partir da leitura aprofundada dos artigos, dissertações e teses que compuseram o MS.

2.1. MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

O MS tem a característica de ser o mais transparente possível para que seja replicável tal como a execução documentada (FRAGOSO, 2017).

Segundo Kitchenham e Charters (2007), o Mapeamento Sistemático envolve, criteriosamente, um roteiro em três fases, que são: planejamento, execução e apresentação de resultados. Já para Motta, Basso e Kalinke (2019, p. 206), um MS “[...] está organizado em quatro etapas distintas, que são: planejamento, condução, descrição e portfólio”. Sendo assim, utilizando como base esses autores, apresentamos as fases do MS, elencadas na Figura 2, que adotamos na presente pesquisa.

Figura 2 – Fases do MS



Fonte: Adaptado de Kitchenham (2007) e Motta, Basso e Kalinke (2019)

Detalhamos, a seguir, essas etapas do MS, buscando atender ao objetivo arquitetado especificamente para o estudo aqui exposto.

2.2. PLANEJAMENTO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Ao estabelecer as fases do MS, seguimos um protocolo específico, em consonância com estudos sobre metodologia de pesquisa, adequando-o à área de Educação. Esse protocolo contemplou o que afirma Falbo (2018, p.6): “(...) todas as

informações produzidas nas etapas de planejamento e condução devem ser adequadamente registradas para permitir a posterior publicação dos resultados do mapeamento”. Diante disso, apresentamos as etapas que foram pré-estabelecidas para a condução do processo de MS das pesquisas.

2.2.1. Objetivo e Questão de Pesquisa

O objetivo desta investigação foi mapear e analisar como os conteúdos matemáticos são abordados no uso da Robótica Educacional enquanto recurso no processo de ensino de nível Fundamental e Médio em escolas brasileiras.

O MS seguiu os indicativos de Fiorentini et al. (2016, p. 18) ao definirem tópicos a serem detalhados no processo investigativo.

[...] o mapeamento da pesquisa como um processo sistemático de levantamento e descrição de informações acerca das pesquisas produzidas sobre um campo específico de estudo, abrangendo um determinado espaço (lugar) e período de tempo. Essas informações dizem respeito aos aspectos físicos dessa produção (descrevendo onde, quando e quantos estudos foram produzidos ao longo do período e quem foram os autores e participantes dessa produção), bem como aos seus aspectos teórico-metodológicos e temáticos.

A questão norteadora de um MS é a que tem importância tanto para profissionais da área quanto para pesquisadores; que leva a mudanças ou aumenta a confiança na prática perante a área de estudo ao identificar discrepâncias entre as crenças comuns e a realidade (KITCHENHAM, 2004). Dessa forma, a questão de investigação segue como princípio a necessidade de investigar a produção de estudos que abordam a RE como um recurso para o ensino de conteúdos matemáticos. Portanto, a questão de pesquisa que guia o presente estudo tem como foco responder: como os conteúdos matemáticos se fazem presentes quando se utiliza a RE como recurso?

2.2.2. Bases de coletas de dados

Para este MS, foram consideradas as produções disponibilizadas em três bases sendo elas: 1) Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, 2) Banco de Dissertações e Teses Digitais - BDTD e 3) Periódicos da CAPES. Importante destacar que as buscas foram realizadas no mês de novembro do ano 2019.

A escolha por essas bases de dados se deu pelo fato de a BDTD e a CAPES serem vinculadas aos ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação e ao da Educação, respectivamente, e por serem indexadores relevantes no contexto das pesquisas acadêmicas brasileiras⁶.

No caso dos periódicos da CAPES, a definição pelo Qualis A1, A2, B1 e B2, é referente à avaliação realizada no período de 2013 a 2016. Contudo, sentimos necessidade de ampliar o período de buscas para abranger um número maior de artigos. Assim, adotamos o mesmo período definido na busca pelas teses e dissertações, isto é, de 1996 a 2019.

Em vista disso, com essas três bases de dados como suporte à pesquisa, acreditamos que os trabalhos selecionados integram devidamente o propósito desta investigação. Na sequência, apresentamos a caracterização das *strings* de busca.

2.2.3. *Strings* de busca

Uma vez definidas a questão de pesquisa e as bases de dados, coube definir os termos de pesquisa que levaram às *strings* de busca utilizadas nas bases de dados digitais. As *strings* são palavras ou termos escolhidos para serem utilizados nas buscas por trabalhos disponíveis em diferentes bases de dados. Nesta pesquisa, as palavras-chave são: “Matemática”, “Educação Matemática”, “Robótica Educacional”, “Robótica Pedagógica” e “Robótica Educativa”. Estas palavras foram combinadas com base nos operadores lógicos (ou booleanos).

Durante a definição da *string* de busca, o foco é a identificação de termos relacionados ao tópico de pesquisa que sejam comumente usados nos estudos primários alvo do MS. Uma boa prática para formular a *string* de busca consiste em agrupar termos relativos a um mesmo aspecto, que podem ser considerados sinônimos, concatenando-os com o conectivo OU (OR em inglês). Posteriormente, cada grupo de termos é concatenado com os demais por meio de conectivos E (AND em inglês) (FALBO, 2018, p. 11).

Os operadores lógicos, possibilitam combinar ou excluir termos como palavras-chave conduzindo a resultados mais precisos nas buscas realizadas nos repositórios. Esses operadores com parâmetros booleanos são classificados em

⁶ Falbo (2018) argumenta que, ao longo do tempo, os mecanismos de buscas gerais, como Google e Google Acadêmico, não apresentam o mesmo comportamento, podendo comprometer os dados obtidos e, portanto, não devem ser considerados como fonte de pesquisa de um MS.

operadores lógicos que são o AND (E em português), OR (ou em português), e o AND NOT (E NÃO em português); operadores de truncagem e operadores de proximidade. Para esta pesquisa, foram usados os operadores booleanos AND e OR, os quais nos pareceram adequados para a operacionalização da busca conforme projetávamos.

A busca com o uso da Lógica Booleana está vinculada a um sistema de recuperação de informação que combina dois ou mais termos que são relacionados por operadores lógicos, tornando a busca mais restrita, precisa e detalhada. As combinações são fundamentadas nas informações contidas em determinados documentos correspondentes à questão de busca, nesse caso, teses, dissertações e artigos.

Pensando desse modo, quando realizamos a busca das Teses e Dissertações nas bases da CAPES e da BDTD utilizando o termo “robótica”, o retorno foi de 2.343 e 1.609 trabalhos respectivamente. A partir de então, refinamos as buscas usando a terminologia “robótica educacional”, que apresentou 156 trabalhos na CAPES e 77 na BDTD. Contudo, ainda percebemos que a RE recebe outras nomenclaturas podendo ser chamada de Robótica Educativa ou Robótica Pedagógica. Além disso, filtramos a busca pelo critério “Educação Matemática”.

Compreendemos que uma estratégia de formular a *string* de busca equivale a combinar termos inerentes a uma mesma vertente e que podem ser considerados sinônimos, ligando-os com o conectivo OR. Na sequência, cada grupo de termos é associado com os demais por meio de conectivos AND. O objetivo é formular uma *string* que retorne o maior número de trabalhos relacionados à temática da pesquisa, relativos ao menor número possível de trabalhos não relacionados com o assunto proposto. “Ou seja, retornar mais artigos não é necessariamente melhor, mas sim retornar um volume menor de artigos contendo mais artigos relevantes” (FALBO, 2018, p. 12).

O operador AND é utilizado para juntar conceitos diferentes, nesse caso a busca irá retornar trabalhos que contenham todos os termos conectados pelo AND. Já o operador OR, tem como função juntar conceitos similares ou sinônimos, resultando nas buscas trabalhos que contenham qualquer uma das palavras.

A base da CAPES utiliza o sistema de busca denominado “Primo”⁷, que tem as funcionalidades de busca em seu conteúdo e de disponibilização das informações recuperadas.

Vale ressaltar que, para utilizar os parâmetros booleanos (AND, OR, NOT) dentro de frases de busca, é preciso digitá-los em letras maiúsculas. Segundo a página da CAPES⁸, “dentro de frases de busca, você deve digitá-los em letras maiúsculas. Caso contrário o Primo irá considerá-los como parte da expressão de busca”. Além disso, nos parâmetros booleanos é possível o uso dos parênteses, os quais podem ser usados para agrupar os termos de busca. Assim, esta técnica ajuda nas buscas mais complexas, pois cria uma precedência neste tipo de processo, visto que os parênteses podem ser utilizados para agrupar um conjunto de termos, possibilitando mais precisão, principalmente quando utilizamos o operador OR.

Optamos por usar uma estratégia adaptada do modelo proposto por Kitchenham (2004, 2007), que reconhece as principais palavras-chave a partir da questão de pesquisa. Com isso, formulamos as *strings* de buscas concomitantemente aos interesses principais deste estudo. Assim, identificamos, na sequência, os sinônimos e termos auxiliares, para que o alcance dessa *string* englobasse as pesquisas com temática apresentada. Apresentamos no Quadro 1 as *strings* de busca utilizadas neste estudo.

Quadro 1 - *Strings* de busca

Strings de Busca	
Teses e Dissertações	Periódicos
"robótica-educacional" AND ("matemática" OR "educação-matemática") "robótica-pedagógica" AND ("matemática" OR "educação-matemática") "robótica-educativa" AND ("matemática" OR "educação-matemática")	“Robótica”

Fonte: A Autora (2020).

⁷ “Primo é composto pelo Primo Central Index um serviço disponibilizado em nuvem para descoberta de recursos eletrônicos, promovendo acesso imediato à maior parte do conteúdo assinado do Portal de Periódicos da Capes”. Disponível em: < <http://www.periodicos.capes.gov.br/metalibplus/help/>>. Acesso em: 29 mar. 2020.

⁸ Disponível em: < <http://www.periodicos.capes.gov.br/metalibplus/help/>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

2.2.4. Critérios de inclusão e exclusão

Depois de realizar as buscas a partir das *strings* definidas, coube realizar a seleção dos artigos. Dos que foram encontrados, selecionamos os relevantes para responder à questão norteadora desta pesquisa.

A definição de critérios de seleção foi fundamental para garantir a qualidade nos resultados obtidos no MS, pois esse procedimento esteve relacionado à tomada de decisão sobre quais documentos seriam relevantes na investigação.

Para isso, com apoio em Falbo (2018), estabelecemos os critérios de inclusão e os critérios de exclusão de estudos advindos da busca nas bases anteriormente indicadas

Os critérios de inclusão e exclusão adotados foram: Estudos que abordassem a RE como recurso de Ensino de Matemática na forma de Teses, Dissertações e Artigos, disponíveis *online* ou para download nas bases utilizadas, trabalhos repetidos, e Pesquisas que apontassem os conteúdos matemáticos utilizados em atividades aplicadas no Ensino Fundamental e no Ensino Médio.

2.3. CONDUÇÃO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Na segunda fase do MS, de extração e apresentação dos dados, seguimos o protocolo que teve as 4 fases estabelecidas para realização deste MS como diretriz. Propusemos, então, a concretização dos princípios gerais para a realização de um MS, aplicada à investigação realizada no contexto da Educação Matemática, de acordo com Motta, Basso e Kalinke (2019).

2.3.1. Identificação e seleção dos estudos primários

No que diz respeito aos periódicos, o primeiro passo foi identificar o título das revistas para iniciar as buscas por artigos. Como podemos observar na Figura 3, selecionamos o período, a área de avaliação, o título, do qual utilizamos a palavra matemática, e, em seguida, identificamos a classificação Qualis A1. Com essa busca, observamos como resultado, o retorno de uma revista nas versões *online* e impressa. Este processo foi realizado com o propósito de identificar os títulos dos periódicos que possuem o Qualis A1, A2, B1 e B2.

Figura 3 - Tela inicial de busca por periódicos classificados pelo qualis

Fonte: site Qualis Periódicos CAPES⁹

Começamos a busca por “Matemática” e, na sequência, estendemos a procura por possíveis palavras que retornassem periódicos relacionados com a temática desta pesquisa. Nesse contexto, as outras palavras utilizadas foram: “Robótica”, “Tecnologia” e “Informática”. Como resultado, encontramos um total de 64 revistas, classificadas com Qualis A1, A2, B1 ou B2 disponíveis para a pesquisa dos artigos, segundo o filtro utilizado.

A Tabela 1 detalha a quantidade de revistas por palavra-chave e níveis de classificação de periódicos da CAPES.

Tabela 1 – Quantidade de periódicos por filtro e avaliação Qualis

Qualis	“Matemática”	“Robótica”	“Tecnologia”	“Informática”	Total
A1	2	0	0	0	2
A2	12	0	2	0	14
B1	8	0	14	2	24
B2	12	0	11	1	24
Total	34	0	27	3	64

Fonte: a Autora (2020).

A busca realizada com as palavras “Matemática” e “Tecnologia” representou mais de 95% dos periódicos encontrados. Já o termo “Robótica” não resultou o título de qualquer revista. A palavra “informática” caracteriza 5% das revistas.

Após seleção das revistas por título, iniciamos o processo de busca textual em cada uma delas. As palavras-chave usadas na busca dos artigos foram:

⁹ Disponível em:

<<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>>. Acesso em 08 abr. 2020.

Robótica Educacional, Robótica Educativa e Robótica Pedagógica em conjunto com o termo “matemática”. Nas bases de teses e dissertações CAPES E BDTD, utilizamos as palavras-chave das revistas.

A busca nos periódicos precisou ser realizada de uma forma mais ampla, pois, ao usarmos as expressões estabelecidas anteriormente, o retorno em alguns periódicos foi somente referente a artigos que continham robótica e matemática no título, devido a especificidade do filtro. Diferentemente, nas bases da BDTD e da CAPES, as *strings* buscavam as Teses e Dissertações tanto em relação ao título quanto ao resumo dos trabalhos.

Para atingir o maior número de artigos que relacionassem a RE com os conteúdos matemáticos, foram realizadas buscas mais genéricas. Para isso, utilizamos como *string* de busca a palavra “robótica” com o que identificamos 62 artigos sobre RE relacionados a diferentes áreas, como Física, Química, Música, Inglês, entre outras. Além disso, alguns desses artigos estavam associados a competições e à formação de professores, o que não é foco desta pesquisa. Na Tabela 2, estão relacionadas as quantidades de artigos encontrados utilizando a palavra-chave “robótica”.

A maior parte dos artigos encontrados eram de periódicos avaliados com o conceito B1, representando quase 76% (47) do total. As revistas com conceito B2 constituíram 19% (12) e, com conceito A2, 5% (3) do total. Em revistas com conceito A1, não foram identificados artigos relacionados com o tema pesquisado.

Dando continuidade, realizamos as buscas nas bases de teses e dissertações da CAPES e da BDTD utilizando as *strings* de busca. Como retorno, foram identificadas 30 teses e 217 dissertações, totalizando 249 trabalhos, conforme exposto na Tabela 2.

Tabela 2 – Quantidade de trabalhos por *strings* de busca

Expressões de busca	CAPES*		BDTD*		Total
	T	D	T	D	
"robótica-educacional" AND ("matemática" OR "educação-matemática")	24	143	1	31	199
"robótica-pedagógica" AND ("matemática" OR "educação-matemática")	3	20	0	7	30
"robótica-educativa" AND ("matemática" OR "educação-matemática")	2	14	0	4	20
Total	29	177	1	42	249
*T- Teses e D- Dissertações		206	43		

Fonte: A Autora (2020).

Estabelecemos como parâmetro único de busca os estudos em língua portuguesa, publicados no Brasil, no período entre 1996 e 2019, tendo como base as expressões de busca descritas na Tabela 3.

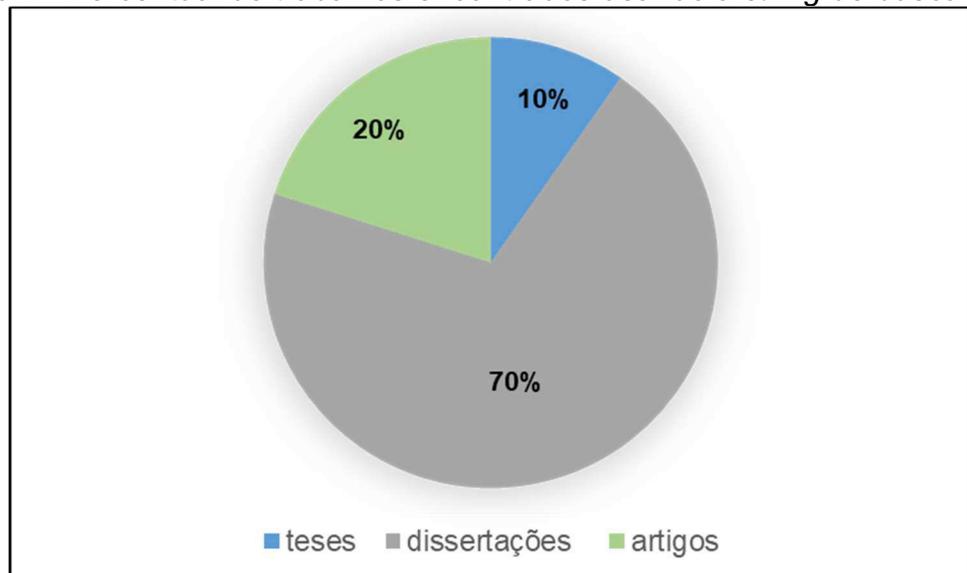
Tabela 3 – Quantidade de trabalhos por parâmetro e base de busca

Parâmetro	Bases	Quantidade de trabalhos
"robótica-educacional" AND ("matemática" OR "educação-matemática"), "robótica-pedagógica" AND ("matemática" OR "educação-matemática") e "robótica-educativa" AND ("matemática" OR "educação-matemática").	CAPEB BDTD	30 teses 219 dissertações
Parâmetro	Periódicos da CAPES	62 artigos
Total		311 trabalhos

Fonte: A Autora (2020)

De modo geral, para organização do panorama inicial dos dados, elaboramos uma planilha no aplicativo Excel, com o intuito de selecionar os trabalhos relevantes ao presente estudo. No Gráfico 1 apresentamos o percentual de trabalhos encontrados.

Gráfico 1 - Percentual de trabalhos encontrados usando a *string* de busca



Fonte: A Autora (2020).

No Gráfico 1, fica claro que a maior quantidade de trabalhos é composta de dissertações e a menor de teses sobre o tema. Ao organizar os 311 trabalhos no Excel, optamos por organizar duas planilhas diferentes: uma direcionada para os artigos e outra para as Teses e Dissertações.

Após a configuração do panorama inicial, realizamos a leitura dos títulos e resumos dos trabalhos. Nessa tarefa, aplicamos os critérios de inclusão e de exclusão dos trabalhos.

2.3.2. Extrair e sintetizar os dados

Os dados extraídos foram sintetizados com a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, bem como da parametrização que será apresentada no decorrer desta sessão. Sobre os trabalhos selecionados, inicialmente, foi necessário constatar se eles estavam presentes em mais de uma base, isto é, publicados em duplicidade, e este foi o primeiro critério de exclusão.

Os critérios de inclusão de trabalhos para este estudo foram os seguintes: Consideramos os artigos disponíveis em periódicos da CAPES com Qualis (A1, A2, B1 e B2) e as dissertações e teses disponíveis *online* e ou para *download* na CAPES e na BDTD, desde que estivessem voltados para o Ensino de Matemática e utilizando a RE no Ensino Fundamental e/ou no Ensino Médio. Somente foram inclusos os trabalhos publicados no período de 01 de janeiro de 1996 a 31 de dezembro de 2019.

Os critérios de inclusão estão discriminados na Tabela 4, a qual registra a distribuição quantitativa dos estudos considerados.

Tabela 4 – Quantidade de trabalhos por critério de inclusão

Critérios	Quantidade de Trabalhos			Total de Trabalhos
	T	D	A	
1- Estudos que abordem a RE como recurso para o Ensino de Matemática.	0	49	9	58
2- Teses, Dissertações e Artigos disponíveis online ou para download nas bases utilizadas.	0	48	9	57
3- Trabalhos repetidos.	0	38	3	41
4- Pesquisas que apontem os conteúdos matemáticos utilizados em atividades aplicadas no Ensino Básico (Ensino Fundamental Anos Iniciais, Ensino Fundamental Anos Finais e Ensino Médio).	0	22	2	24

*T – Teses; D – Dissertação e A - Artigo

Fonte: A Autora (2020).

Para identificação dos trabalhos relevantes, conforme o critério 1 da Tabela 4, consideramos se as temáticas abordavam o ensino de conteúdos matemáticos

tendo como recurso a RE. Para identificação dos trabalhos, foi realizada uma leitura flutuante dos resumos e, assim, identificamos 49 dissertações e 9 artigos, chegando a um subtotal geral de 311 trabalhos.

Ao aplicarmos o critério 2, foram considerados os trabalhos que estavam disponíveis para *download* nas bases selecionadas.

Aplicando o critério 3, excluímos 16 trabalhos repetidos, 6 artigos e 10 dissertações. Os artigos que não foram considerados estavam diretamente relacionados às dissertações, gerando duplicidade de informações. Com isso, chegamos a 24 trabalhos, sendo 22 dissertações e 2 artigos.

Com a aplicação do critério 4, identificamos os possíveis descritores de parametrização mediante a leitura dos resumos e palavras-chave de um dos 24 trabalhos. Foram parametrizados 7 descritores, como segue: Ensino Fundamental - Anos Iniciais; Ensino Fundamental - Anos Finais; Ensino Anos Iniciais e Anos Finais; Ensino Médio; Ensino Superior; Formação de Professores e Estudo teórico sem aplicação prática.

Na Tabela 5 consta a distribuição quantitativa dos trabalhos conforme descritores parametrizados.

Tabela 5 – Distribuição quantitativa de trabalhos por descritor

Total de Trabalhos	Descritores	Quantidade de trabalhos	Percentual
41	1 - Ensino Fundamental Anos Finais	1	2%
	2 - Ensino Fundamental Anos Finais	19	46%
	3 - Ensino Anos Iniciais e Anos Finais	1	2%
	4 - Ensino Médio	3	7%
	5 - Ensino Superior	1	2%
	6 - Formação de Professores	9	23%
	7 - Teórico sem aplicação prática	7	18%

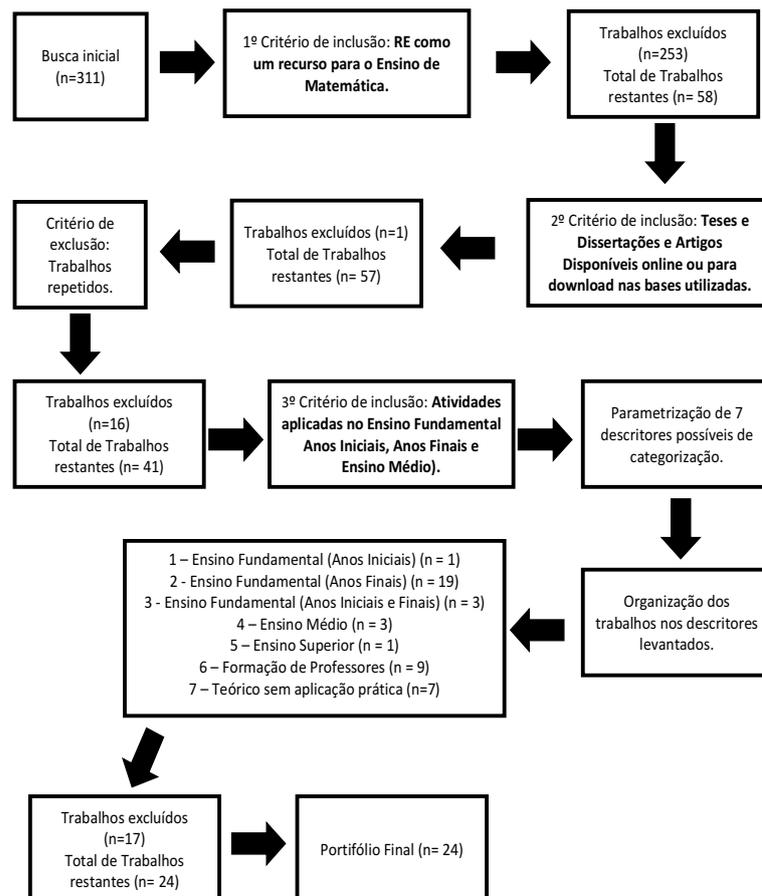
Fonte: Adaptado Motta, Basso e Kalinke (2019).

Ao realizarmos a parametrização, incluímos os trabalhos que estão relacionados com práticas educacionais na Educação Básica (1), (2), (3), (4) e excluímos os demais trabalhos. Foram excluídos 9 estudos relacionados à formação de professores, 7 que não apresentavam aplicações práticas, e, 1 artigo que tinha como público-alvo estudantes de um curso superior. Portanto, com a aplicação dos critérios definidos para seleção de trabalhos para este estudo, foram excluídos 17 (41%) deles.

Constatamos que, na base de teses e dissertações da CAPES, foram selecionados 17 trabalhos, sendo 13 utilizando a expressão de busca "robótica-educacional" AND ("matemática" OR "educação-matemática") e 4 usando "robótica-educativa" AND ("matemática" OR "educação-matemática"). Na BDTD, 5 trabalhos foram identificados. Desses, 3 com a *string* "robótica-educacional" AND ("matemática" OR "educação-matemática") e 2 com a "robótica-educativa" AND ("matemática" OR "educação-matemática"). Já nos periódicos, como já explicado, utilizamos a *string* "robótica", a qual revelou 2 artigos.

Tendo em vista a finalização das etapas de condução do MS, apresentamos um fluxograma deste processo na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma do processo de aplicação de critérios e parametrização de descritores



Fonte: Adaptado Motta, Basso e Kalinke (2019).

Até agora, descrevemos os caminhos metodológicos realizados na construção de MS, para identificar os trabalhos que são o foco deste estudo. As

fases seguintes, que tratam das descrições dos dados e do portfólio bibliográfico; que nos revelam os resultados encontrados com o MS, estarão no próximo capítulo.

2.4. PROCESSO DE ANÁLISE DOS RESULTADOS ENCONTRADOS NO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Após a apresentação das características dos estudos mapeados e também do portfólio bibliográfico construído com resultado do MS, realizamos uma meta-análise como proposta de interpretação dos dados.

Para a meta-análise, utilizamos a organização apresentada por Cassol (2012), que propõe relacionar as pesquisas de forma comparativa, retomando os dados que serão apresentados. Segundo Bicudo (2014, p. 7), meta-análise é

[...] uma retomada da pesquisa realizada, mediante um pensar sistemático e comprometido de buscar dar-se conta da investigação efetuada. Esse 'dar-se conta' significa tomar ciência, mediante uma volta sobre o efetuado. Portanto, trata-se de um movimento reflexivo sobre o que foi investigado, sobre como a pesquisa foi conduzida e, ainda, atentar-se para ver se ela responde à interrogação que a gerou.

Corroborando com isso, Fiorentini e Lorenzato (2006) destacam que a meta-análise qualitativa de pesquisas tem como foco uma avaliação crítica e/ou produção de novos resultados ou sínteses, transcendendo estudos anteriormente realizados.

Sendo assim, optamos por esse método de análise, cujos resultados apresentaremos adiante, entendendo-o como uma "(...) interpretação das interpretações das pesquisas" (BICUDO, 2014, p. 7).

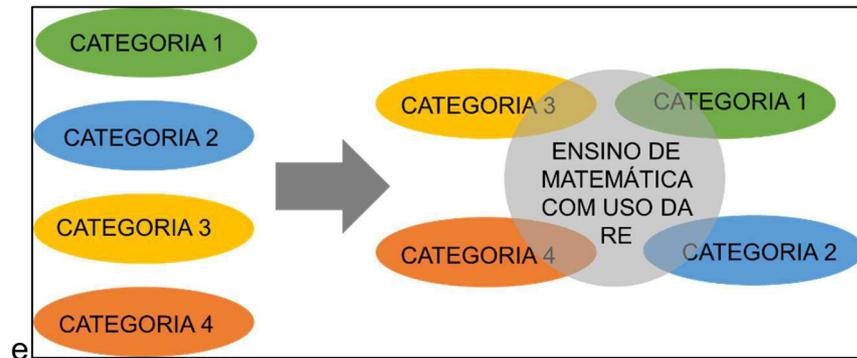
Para construção da meta-análise, foram considerados os resultados evidenciados pelos estudos selecionados para nossa investigação, conforme descrito anteriormente.

Após a construção do portfólio de cada um dos estudos selecionados, foi possível estabelecer quatro categorias de análise, tendo em vista relações entre conceitos matemáticos e a RE. Tais categorias nos guiaram à elaboração de uma análise reflexiva, no cotejamento dos dados coletados com os pressupostos teóricos elencados no decorrer desta pesquisa.

Considerando que as categorias foram analisadas separadamente, adotamos o processo de análise vertical, pois, com a análise individual de cada uma

delas, buscamos estabelecer as relações entre elas e o ensino de conteúdos matemáticos com uso da RE (FIORIENTINI; LORENZATO, 2006). Na Figura 5, apresentamos um desenho sobre a estruturação das categorias de análise;

Figura 5 - Análise vertical das categorias



Fonte: A Autora (2020).

As quatro categorias que são apresentadas na análise desta pesquisa, adiante, emergiram dos dados encontrados no MS e do portfólio bibliográfico. A partir disso, elas foram relacionadas e, assim, estabelecidas suas contribuições com o uso da RE para o Ensino de conteúdos matemáticos.

3. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS: PERSPECTIVAS HISTÓRICAS DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS

Esta pesquisa é sustentada pelos aportes teóricos dos estudos de Papert (1985, 2008), Lévy (2010a, 2010b, 2015) e Tikhomirov (1981).

Papert (1985, 2008), numa abordagem construcionista sobre o uso de computadores, considera a programação e a construção de protótipos robóticos como um recurso para o ensino de Matemática. Lévy (2010a, 2010b, 2015) aborda a questão em relação às formas de produção do conhecimento em um contexto sociotécnico, em conformidade com uma perspectiva de inteligência coletiva na cibercultura. Tikhomirov (1981), seguindo uma visão de reorganização do pensamento humano, analisa se o uso de computadores pode impactar o desenvolvimento da atividade mental humana. Suas contribuições teóricas dizem respeito aos processos cognitivos e de aprendizagem acionados pelo uso de computadores.

3.1. TECNOLOGIAS DIGITAIS NA SOCIEDADE

Neste trabalho, adotamos o conceito de tecnologia de Kenski (2010, p.18). Com presença cada vez mais acentuada no cotidiano, as TD podem induzir o modo de vida da sociedade, alterando comportamentos e percepções da realidade. Na esfera educacional, provocam reflexões e reformulações sobre os processos de ensino; geram novas expectativas de ensino de gerações de estudantes cada vez mais conectadas com o mundo à sua volta.

Kenski (2010, p. 18) compreende a tecnologia como um “conjunto de conhecimentos e princípios científicos que se aplicam ao planejamento, à construção e a utilização de um equipamento em determinado tipo de atividade”.

Ainda segundo Kenski (2010, p. 21), “o homem transita culturalmente mediado pelas tecnologias que lhe são contemporâneas”. Seu estudo é pautado em Lévy (2010b), que afirma que nenhum conhecimento possui independência das tecnologias intelectuais.

Lévy (2010a, 2010b, 2015) indica que o uso de tecnologias na sociedade modifica a forma do indivíduo pensar, agir e de se comunicar. Já Tikhomirov (1981) apresenta relações sobre as tecnologias e o indivíduo, direcionando seus estudos

para a mente humana, objetivando a compreensão das implicações psicológicas causadas pela utilização do computador.

Foi a espécie humana, em todos os tempos, que proporcionou o surgimento das diversas tecnologias (KENSKI, 2012). Isso se confirma, principalmente do ponto de vista filosófico, a partir das asserções de Lévy (2010b) sobre as tecnologias da inteligência, composta por três paradigmas fundamentais: o da oralidade, o da escrita e o da informática.

Para Lévy (2010b), o emprego de uma tecnologia intelectual específica envolve determinados valores e dimensões relacionadas à atividade cognitiva. Da mesma forma, as transições culturais e sociais vivenciadas pelas sociedades implicam em transformações e modificações relativas a condições do saber e da memória, como elementos essenciais à produção e ao uso de conhecimentos.

Durante sua existência, a humanidade desenvolveu tecnologias as quais representam cada momento de sua evolução. A oralidade primária, segundo Lévy (2010b), representa o conjunto de funções e papéis exercidos pela fala nos momentos históricos anteriores ao uso da escrita pelas sociedades.

Nesse período que precede à escrita e às tecnologias associadas, a oralidade evocava inteligência e memória como elementos comuns aos sujeitos. Com o uso da escrita, modificações cognitivas foram se constituindo, tais como na memória: “a objetivação da memória separa o conhecimento da identidade pessoal ou coletiva” (LÉVY, 2010b, p. 95).

A escrita possibilitou uma análise do discurso no que diz respeito aos aspectos inerentes à comunicação nas sociedades orais primárias, dando origem a uma forma particular de saberes. “Em particular, a notação escrita torna muito mais cômoda a conservação e a transmissão de representações modulares separadas, independente dos ritos ou narrativas” (LÉVY, 2010b, p. 91).

A terceira tecnologia da inteligência é chamada por Lévy (2010b) de “polo informático-midiático”, cujos antecedentes remetem à máquina de calcular, teares e outros equipamentos, os quais, de alguma forma, poderiam receber programações com o propósito de realizar tarefas repetitivas ou automáticas.

A informática deu à oralidade e à escrita outras formas de comunicação e alcance a outras dimensões espaço-temporais. Assim, as TD de comunicação, por meio de aplicativos como o *e-mail*, as mensagens instantâneas, as redes sociais, a telefonia móvel entre outros, substituíram, por exemplo, as cartas em papel.

Tikhomirov (1981) sugere três teorias referentes às relações que ocorrem quando o indivíduo faz uso de tecnologias, em específico as computadorizadas. Ele as nomeou de teorias “da substituição”, “da suplementação” (ou complementação) e “da reorganização”. O autor desconsidera as duas primeiras e destaca que, na teoria da reorganização, acontece interação entre o pensamento humano e o computador. Ele ressalta que o computador é tido como uma ferramenta qualitativa com novas formas de mediação.

Portanto, não estamos nos confrontando com o desaparecimento do pensamento, mas com a reorganização da atividade humana e o aparecimento de novas formas de mediação nas quais o computador, como uma ferramenta da atividade mental, transforma esta mesma atividade. Eu sugiro que a teoria da reorganização reflete os fatos reais do desenvolvimento histórico melhor do que as teorias da substituição e suplementação. (TIKHOMIROV, 1981, p.12).

Ao propor que o pensamento é reorganizado com o surgimento da informática, Tikhomirov explica determinados efeitos da interação entre máquina e ser humano (BORBA, 2001),

Com o advento dos computadores, a sociedade passou a vivenciar novos paradigmas e novas formas de realizar algumas tarefas. A virtualização da informação e da comunicação se constituiu um movimento que impacta direta e intensamente a dinâmica social (LÉVY, 2010b). Esse movimento merece atenção especial e estudos aprofundados, visto que as novidades tecnológicas postas à disposição da sociedade tornam-se práticas comuns no cotidiano dos indivíduos (KALINKE, 2014).

Borba e Villarreal (2005) indicam que o conhecimento é produzido por um coletivo constituído por seres-humanos-com-tecnologia, processo que envolve aspectos cognitivos e a história das técnicas. Lévy (2010b) pressupõe que a escrita, a visão, a audição e a aprendizagem são capturadas por uma informática cada vez mais avançada.

Essa conjuntura também é refletida no contexto escolar, conforme relatado por Kalinke (2014), para quem as novidades tecnológicas podem servir de auxílio aos processos educativos. No entanto, é preciso que os envolvidos conheçam as particularidades de sua utilização em atividades pedagógicas. Sobre isso, Valente (1999) alerta:

[...] a promoção dessas mudanças pedagógicas não depende simplesmente da instalação dos computadores nas escolas. É necessário repensar a questão da dimensão do espaço e do tempo da escola. A sala de aula deve deixar de ser o lugar das carteiras enfileiradas para se tornar um local em que professor e alunos podem realizar um trabalho diversificado em relação ao conhecimento (VALENTE, 1999, p. 17-18).

Atualmente, existem diferentes concepções e discussões sobre o uso das TD nas práticas sociais. Uma delas é sobre a simulação por meio de softwares, que possibilita a criação de protótipos robóticos com fins educativos. Com uso destes softwares, podem ser simulados e testados protótipos de objetos e de processos de diferentes abrangências econômicas e sociais. Como exemplo, podemos citar o ambiente de programação da MakeCode¹⁰, no qual o usuário elabora um código que pode ser testado com uma simulação antes de ser passado para a placa micro:bit. Na página do MakeCode, está descrito que ele pode ser usado como um simulador interativo que possibilita um feedback imediato sobre o código de programação que está sendo executado.

Lévy (2010b) define o conhecimento por simulação como “um modelo digital que não é lido ou interpretado como um texto clássico, ele geralmente é explorado de forma interativa” (p. 122). Nessa perspectiva, o conhecimento por simulação não se parece com o teórico, nem com o prático. Entendemos que tal ideia remete à criação de ambientes que proporcionam simulações à atividade mental antes de experiências práticas propriamente ditas. Isso suscita novos modos de conhecer, de planejar e de agir, oportunizando novas possibilidades de construção da inteligência coletiva.

Uma das mais estranhas modificações ligadas ao uso das simulações digitais é a que hoje afeta as matemáticas. Tradicionalmente consideradas como reino da dedução, elas também estão adquirindo um caráter experimental. Simulações de objetos matemáticos podem informar, confirmar, ou gerar conjecturas (LÉVY, 1998, p. 104).

De acordo com Lévy (2010b), a sociedade é constituída pela técnica. O advento da escrita, da enciclopédia e do ciberespaço, em especial a simulação como modo de conhecimento próprio da cibercultura, trazem impactos próprios.

¹⁰ “O Microsoft MakeCode é uma plataforma gratuita de software livre para criar experiências envolventes de aprendizagem em ciência da computação que pavimentam um caminho de progressão para a programação do mundo real”. Disponível em: < <https://www.microsoft.com/pt-br/makecode/about>>. Acesso em 15 set. 2020.

Tais simulações podem servir para testar fenômenos ou situações em todas suas variações imagináveis, para pensar no conjunto de consequências e de implicações de uma hipótese, para conhecer melhor objetos ou sistemas complexos ou ainda para explorar universos fictícios de forma lúdica. Repetimos que todas as simulações baseiam-se em descrições ou modelos numéricos dos fenômenos simulados e que elas valem tanto quanto as descrições. (KALINKE; BALBINO, 2016, p. 28)

A simulação com uso de softwares possibilita que o fenômeno seja figurado em tempo real, baseando-se em modelos com descrições rigorosas dos processos ou objetos a serem simulados (KALINKE; BALBINO, 2016).

Lévy (2010a, p.32) também afirma que “as tecnologias digitais surgiram, então, como a infraestrutura do ciberespaço, novo espaço de comunicação, de sociabilidade, de organização e de transação, mas também novo mercado da informação e do conhecimento”.

Ao relacionar as TD com os processos educativos, percebemos modificações culturais que envolvem diferentes dimensões, entre as quais, as formas de transmissão de informação e de comunicação. Daí advém o termo cultura digital, tratado por Lévy (2010a) como uma forma de refletir os impactos culturais que as mídias e as tecnologias de informação e de comunicação provocam nas artes, no entretenimento, na educação e na sociedade. Tais impactos são decorrentes do ciberespaço entendido como “rede”, que tem origem a partir da ligação mundial de computadores.

A cultura digital ou cibercultura, termo utilizado por Lévy, é “o conjunto de técnicas (materiais e intelectuais), de práticas, atitudes, modos de pensamento e valores que se desenvolve juntamente com o crescimento do ciberespaço” (LÉVY, 2010a, p.17). Nesse sentido, ele afirma:

(...) devemos construir novos modelos de espaços de conhecimentos. No lugar de uma representação em escalas lineares e paralelas, em pirâmides estruturadas em “níveis”, organizadas pela noção de pré-requisitos e convergindo para saberes “superiores”, a partir de agora devemos preferir a imagem de espaços de conhecimentos emergentes, abertos, contínuos, em fluxos, não lineares, se organizando de acordo com os objetivos ou os contextos, nos quais cada um ocupa uma posição singular e evolutiva. (LÉVY, 2010a, p.160).

Para Valente (2018, p. 36), “na cultura digital as transformações afetam a maneira como vivemos e lidamos com o comércio, os serviços, a produção de bens, o entretenimento e a vida social”.

Nesse contexto, instituições responsáveis por processos formativos também se transformam. As tecnologias digitais e o ciberespaço, tidos como novos espaços pedagógicos, apresentam grandes possibilidades e desafios para atividades cognitivas, afetivas e sociais dos alunos e dos professores de diferentes níveis de ensino (KENSKI, 2012).

Com isso, percebemos a relação dos chamados espaços do conhecimento com a prática da RE, que oferece um ambiente de estudos não linear e colaborativo. “São os atos dos homens, seus pensamentos, suas relações que atualizam este ou aquele espaço estendem-no, insuflam-lhe realidade” (LÉVY, 2015, p. 192).

Assim, entendemos que as mudanças culturais e tecnológicas, presentes continuamente na sociedade, proporcionam alterações nos modos de interagir e aprender dos sujeitos.

Lévy (2015) apresenta quatro espaços antropológicos que são: a Terra, o Território, o Espaço das mercadorias e o Espaço do saber.

A Terra caracteriza a assiduidade com que os seres humanos se mostram em uma velocidade elevada comparada aos demais seres animais, o que caracteriza a formação de uma identidade, do eu humano.

O Território é a localização, a necessidade de domesticar a Terra (agricultura, escrita, burocracia). O Espaço das mercadorias instala um novo fluxo econômico (mercadorias, matérias-primas, mão-de-obra, informação, energias), em que a velocidade não supera os outros dois espaços.

Já o Espaço do saber está relacionado ao ambiente em que se unem os processos de subjetivação individual e coletiva.

Mas, o que é inteligência coletiva para Lévy? Para ele, inteligência coletiva é “uma inteligência distribuída por toda parte, incessantemente valorizada, coordenada em tempo real, que resulta em uma mobilização efetiva das competências” (LÉVY, 2015, p. 28).

Nessa perspectiva, Balbino (2016, p. 28) interpreta que Lévy “considera que a inteligência coletiva deve ser bastante valorizada, pois todos os indivíduos podem oferecer seu conhecimento, sem que ninguém seja desprezado”.

Tendo em vista que a inteligência pode ser vista como uma característica do homem, ela aparece neste espaço como a “velocidade de evolução dos saberes, a massa de pessoas convocadas a aprender e produzir novos conhecimentos e, enfim, ao surgimento de novas ferramentas (as do ciberespaço)” (LÉVY, 2015, p.

24). O saber, que faz parte desta inteligência, que está envolto na sociedade, faz parte da construção da inteligência coletiva. Nessa perspectiva Lévy (2015, p. 183), destaca que:

[...] o saber da comunidade pensante não é mais um saber comum, pois doravante é impossível que um só ser humano, ou mesmo um grupo domine todos os conhecimentos, todas as competências; é um saber coletivo por essência, impossível de reunir em uma só carne. No entanto, todos os saberes do intelectual coletivo exprimem devires singulares, e esses devires compõem mundos. (LÉVY, 2015, p. 183).

Na mesma obra referenciada acima, Lévy apresenta quatro características da Inteligência Coletiva. A primeira: ela é uma inteligência compartilhada por toda parte, ou seja, ninguém é detentor de todo conhecimento e de toda a informação. A Inteligência Coletiva está na humanidade. Sendo assim, não existe um saber universal, transcendente ou uma verdade absoluta. A inteligência está relacionada com o fato de desconsiderar sua existência. A segunda: ela é uma inteligência incessantemente valorizada, pois a partir do momento que o saber possui um valor, é necessário evitar que as inteligências sejam desprezadas, ignoradas ou inutilizadas.

A terceira: ela é coordenada em tempo real, visto que graças às TD, a inteligência coletiva é dinâmica, atuante e mutante. Em razão disso, as interações que ocorrem em rede digital estão entre o conhecimento e os sabedores, a cada novo contato, a cada nova troca. Sendo assim, a inteligência coletiva é modificada, atualizada e coordenada em tempo real.

Por fim, a quarta característica se refere à mobilização efetiva das competências. Tendo em vista que os saberes oficialmente válidos só representam uma ínfima parcela dos conhecimentos ativos, a inteligência coletiva implica a dinamização da participação de cada um, as trocas sociais e a transferência de informações.

Corroborando o enfoque teórico exposto até aqui, entendemos que a inteligência coletiva é uma das características da cibercultura, na qual ocorrem, por meio das tecnologias digitais, com a RE entre elas, aprendizados dinâmicos, coletivos e participativos, resultando em construções colaborativas de conhecimentos.

Existem, portanto, relações estreitas entre conhecimentos, tecnologias e os seres humanos. Na medida em que um dos elementos dessas relações se desenvolve, o outro se desenvolve também, causando transformações nas habilidades humanas.

A ecologia cognitiva e a inteligência coletiva estão imbricadas na visão de Lévy (2010, p.137) que completa:

A inteligência ou a cognição são o resultado de redes complexas onde interagem um grande número de atores humanos, biológicos e técnicos. Não sou “eu” que sou inteligente, mas “eu” como grupo humano do qual sou membro, com minha língua, com toda uma herança de métodos e tecnologias intelectuais. [...] Fora da coletividade, desprovido de tecnologias intelectuais, “eu” não pensaria. O pretense sujeito inteligente nada mais é que um dos micros atores de uma ecologia cognitiva que engloba e restringe.

A ecologia cognitiva de Lévy (1998) apresenta uma nova linguagem sobre interação e comunicação, em que a informação está na base do processo. Nessa perspectiva, a cognição humana não é vista como parte circunscrita ao indivíduo pensado isoladamente ou propriedade de um grupo seletivo deles, pois:

[...]a inteligência ou a cognição são resultados de redes complexas onde interagem um grande número de atores humanos, biológicos e técnicos. Não sou “eu” que sou inteligente, mas “eu” com o grupo humano do qual sou membro, com minha língua, com toda uma herança de métodos e tecnologias intelectuais (dentre as quais, o uso da escrita) ... Fora da coletividade, desprovido de tecnologias intelectuais, “eu” não pensaria (LÉVY, 2010b, p. 135).

Tais ideias de Lévy se assemelham às de Tkhomirov, para quem não deve haver uma separação entre a técnica e o ser humano (BORBA e PENTEADO, 2001). Este autor nos leva à compreensão dos processos de reorganização do pensamento do indivíduo (TIKHOMIROV, 1981) e a estudar aspectos da relação entre as TD e a construção de conhecimentos, em especial, os que compõem processos de Educação Matemática na escola.

3.2. TECNOLOGIAS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

Antes de tratar especificamente da educação matemática, apresentamos, brevemente, o contexto das TD na educação de forma ampla.

O giz e o quadro negro podem ser considerados artefatos tecnológicos usados na educação, uma vez que possibilitam uma esquematização e exposição de conteúdos curriculares, por meio de registros textuais e gráficos, os quais podem ser apagados e estruturados novamente. A consideração de tal fato, aparentemente corriqueiro no âmbito pedagógico, se faz relevante para as análises que apresentamos adiante.

Muitas pesquisas têm registrado que as descobertas da e com a tecnologia amplificam o significado desta como instrumento indispensável às atividades produtivas e científicas. No entanto, analogias, tal como a apresentada abaixo entre o centro cirúrgico e a sala de aula, nos indicam que há muito por fazer para que a atualização tecnológica adentre à escola.

Imaginemos viajantes do tempo em um século atrás – um grupo de cirurgiões e outro de professores do Ensino Fundamental – cada qual mais ansioso para ver o quanto as coisas mudaram das respectivas profissões em 100 anos ou mais no futuro. Imagine o espanto dos cirurgiões entrando em uma sala cirúrgica de um hospital moderno. [...] Os professores viajantes do tempo reagiriam de forma bem diferente à sala de aula do Ensino Fundamental. Eles poderiam se sentir intrigados com alguns objetos estranhos. Iriam constatar que algumas técnicas convencionais mudaram – e provavelmente discordariam entre si se as mudanças foram para melhor ou pior -, mas perceberiam plenamente o que se estava tentando fazer e facilmente poderiam assumir a classe (PAPERT, 2008, p. 17).

Essa analogia registra que os tempos mudaram e que a tecnologia avançou em algumas áreas. No que diz respeito à robótica, o avanço é comparável ao da Medicina, da Engenharia e da Física (KALINKE, 2004). Mas, a sala de aula pouco mudou nas últimas décadas (MALTEMPI e MENDES, 2016).

Na educação brasileira, embora os passos tenham sido mais lentos até agora, as possibilidades pedagógicas e formativas do uso das TD estão cada vez mais em pauta, o que pode ser confirmado em documentos oficiais tais como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A BNCC (BRASIL, 2018, p. 9) exalta as TD em uma das dez competências gerais a serem desenvolvidas por todos na Educação Básica:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.

Na descrição dessa competência, destaca-se um conjunto de habilidades que são discutidas há tempos pela comunidade escolar. Com ela na BNCC, está normatizado que todos os estudantes da educação básica brasileira precisam ser protagonistas no conhecimento e uso das TD, conforme asseverava D'Ambrosio há quase trinta anos (1996, p.80):

Será essencial para a escola estimular a aquisição, a organização, a geração e a difusão do conhecimento vivo, integrado nos valores e expectativas da sociedade. Isso será impossível de se atingir sem a ampla utilização de tecnologia na educação. Informática e comunicações dominarão a tecnologia do futuro.

O autor já pontuava que as tecnologias na educação são recursos imprescindíveis para a escola estimular a geração e difusão do conhecimento. Por isso, concordamos com Maltempi e Mendes (2016, p. 10) quando afirmam que “utilizar as Tecnologias Digitais em sala de aula é ser coerente com o tempo em que vivemos”.

Olhando de dentro e para o interior das salas de aulas de Matemática, acrescentamos: investigar o seu uso em dinâmicas pedagógicas é uma condição para que práticas didáticas compatíveis à consecução de objetivos educacionais sejam realizadas.

Nessa segunda década do terceiro milênio da E.C., podem ser destacadas pesquisas brasileiras no campo da Educação Matemática sobre o uso das TD. Borba, Silva e Gadanidis (2015), por exemplo, historiam quatro fases desse uso, conforme discriminadas no Quadro 2.

As fases históricas descritas por eles podem ser analisadas sob o ponto de vista dos recursos e da natureza das atividades tanto quanto sob o escopo teórico e evolução terminológica.

A primeira fase teve início por volta de 1985. Tratava das tecnologias informáticas ou computacionais marcadas pela utilização dos computadores, calculadoras comuns e científicas, e pelo uso da linguagem de programação LOGO. Foi nessa fase que a viabilidade de implementar laboratórios de informática nas escolas começou a ser conjecturada.

A partir dos anos 1990, a segunda fase já estava em movimento, caracterizada pelo acesso e popularização dos computadores pessoais. Essa

popularização demarcou o nascimento de softwares educacionais, que tinham como propósito possibilitar a exploração de problemas matemáticos. Borba, Silva e Gadanidis (2015) ressaltam os softwares direcionados para as diversas representações de funções como um exemplo dos que surgiram à época.

Marcada pelo avanço da internet, a terceira fase, no Brasil, teve início no final da década de 1990. Foi marcada por novos meios de comunicação e de fontes de informações a que determinados grupos de professores e de estudantes já tinham acesso, o que possibilitava uma nova forma de interação entre eles.

A quarta fase, caracterizada pelo acesso rápido à Internet, vem se desenvolvendo por conta do aumento da qualidade e velocidade da conexão digital, que oportuniza, em quantidade e qualidade, a popularização de recursos tecnológicos com acesso à internet.

Quadro 2 - Fases das TD na Educação Matemática

Fases	Tecnologias	Natureza ou base tecnológica das atividades	Perspectivas ou noções teóricas	Terminologia
Primeira fase (1985)	Computadores; calculadoras simples e científicas.	LOGO Programação.	Construcionismo; micromundo.	Tecnologias informáticas (TI).
Segunda fase (1990)	Computadores (popularização); calculadoras gráficas.	Geometria dinâmica (Cabri Gèomètre; Geometricricks); múltiplas representações de funções (Winplot, Fun, Mathematica); CAS (Maple); jogos.	Experimentação, visualização e demonstração; zona de risco; conectividade; ciclo de aprendizagem construcionista; seres-humanos-com-mídias.	TI; software educacional; tecnologia educativa.
Terceira fase (1999)	Computadores, laptops e internet.	Teleduc; e-mail; chat; fórum; google.	Educação a distância online; interação e colaboração online; comunidades de aprendizagem.	Tecnologias da informação e comunicação (TIC).
Quarta fase (2004)	Computadores. Laptops; tablets; telefones celulares; internet rápida.	GeoGebra; objetos virtuais de aprendizagem; Apples; vídeos; YouTube; WolframAlpha; Wikipédia; Facebook; ICZ; Seconde Life; Moodle.	Multimodalidade; telepresença; interatividade; internet em sala de aula; produção e compartilhamento online de vídeos; performasse matemática digital.	Tecnologias digitais TD; tecnologias móveis ou portáteis.

Fonte: Borba, Silva e Gadanids (2015, p. 43).

Os recursos tecnológicos apresentam funcionalidades para “[...] experimentação de algumas atividades, o que permite tirar conclusões, fazer análises, conjecturar e, assim, produzir conhecimento” (KALINKE, 2014, p. 27).

Com o uso desses recursos, o conhecimento é produzido e transmitido pelo coletivo formado pelos seres humanos (BORBA E VILLAREAL, 2005) e o pensamento deles próprios se reorganiza (TIKHOMIROV, 1981).

Observamos que a RE se faz presente desde a primeira fase de uso das TD na educação matemática, com a linguagem LOGO, até a quarta fase, caracterizada por diversas transformações funcionais, adentrando ao contexto escolar. Isso nos levou a indagar sobre a inserção da RE no currículo escolar da Educação Básica brasileira.

Segundo Campos (2019, p. 139), “a integração da Robótica no currículo é complexa”, visto que envolve diversos processos, objetivos e demandas sociais e pedagógicas:

Ao longo do século XX, com as transformações da sociedade industrial e o surgimento da sociedade da comunicação e da informação, os perfis se transformaram e as exigências que caíram sobre o conceito de currículo passaram por discussões e sofreram alterações que pudessem atender à pessoa que se quer formar e o seu momento histórico-social específico (CAMPOS, 2019, p. 120).

Atualmente, percebemos que pesquisas registram movimentos de uso da RE na Educação Básica. Um desses movimentos se caracteriza por utilizá-la como recurso tecnológico para o ensino de áreas de conhecimento específicas e, o outro, por configurar a robótica como disciplina do currículo.

O detalhamento desses movimentos depende da compreensão de como um e outro vêm sendo investigados e analisados no contexto da Educação. Com este trabalho, trazemos uma contribuição ao debate científico no sentido de verificar de que modo a RE pode contribuir para a qualidade do ensino e da aprendizagem da Matemática nas escolas brasileiras do segundo e terceiro segmentos da Educação Básica.

3.3. CONSTRUCIONISMO: SURGIMENTO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL

Segundo Valente et al. (2020), o termo construcionismo foi referenciado por Papert pela primeira vez em 1986 e surgiu do construtivismo de Piaget, com a proposta de “emprestar” as ideias deste autor, mas com ênfase no sentido de o estudante, efetivamente, construir materiais em vez de receber materiais prontos

para serem manipulados. A ideia era ensinar o computador a construir um quadrado e não o computador ensinar a criança a fazê-lo ou, simplesmente, apresentar tal figura.

A inserção da robótica como recurso pedagógico é ratificada pelo construcionismo, que defende que o estudante desenvolve seu conhecimento ao manusear, explorar e usar na prática social o seu objeto de estudo. A respeito disso, o pai do construcionismo relata como, em 1980, colaborou com a empresa Lego na produção de instrumentos para montagens infantis em robótica.

“[...] as crianças amam construir coisas, então escolhemos um conjunto de construção e a ele acrescentamos o que quer que seja necessário para tornar ele um modelo cibernético. Elas deveriam ser capazes de construir uma tartaruga com motores e sensores e ter uma forma de escrever programas em Logo para guiá-las; ou se desejassem fazer um dragão, um caminhão ou uma cama-despertador deveriam ter essa opção também. Elas seriam limitadas apenas por suas imaginações e limitações técnicas” (PAPERT, 2008, p. 184).

Ao agir na produção de mecanismos robóticos, o estudante vivencia a construção de conceitos abordados pelo professor. Assim, o estudante tem a possibilidade de construir um método próprio para guiar a construção do conhecimento. Esse recurso favorece as experiências construtivas e empreendedoras e não está apenas focada na memorização de informações.

O pensamento construcionista se assemelha a um provérbio africano: “se um homem tem fome, você pode dar-lhe um peixe, mas é melhor dar-lhe uma vara e ensiná-lo a pescar” (PAPERT, 2008, p. 134). Entendemos que o ato de dar o “peixe” corresponde à atitude instrucionista¹¹ de “dar conhecimento”. O construcionismo indica que sejam disponibilizados os materiais ou ferramentas necessárias para que as crianças possam buscar, explorar e descobrir o conhecimento. De acordo com Papert (2008), essas ferramentas podem ser os próprios computadores.

Dessa forma, o construcionismo é arquitetado sobre a ideia de que as crianças farão melhor construindo (“pescando”) por si mesmas o conhecimento específico de que precisam. Mas essa construção é situada contextualmente. Conforme Papert (2008, p.134), “[...] além de conhecimento sobre pescar, é também

¹¹ Para Papert (2008), o instrucionismo é uma ideologia tradicional de ensino, caracterizando o professor como único detentor do conhecimento.

fundamental possuir bons instrumentos de pesca – por isso precisamos de computadores – e saber onde existem águas férteis”.

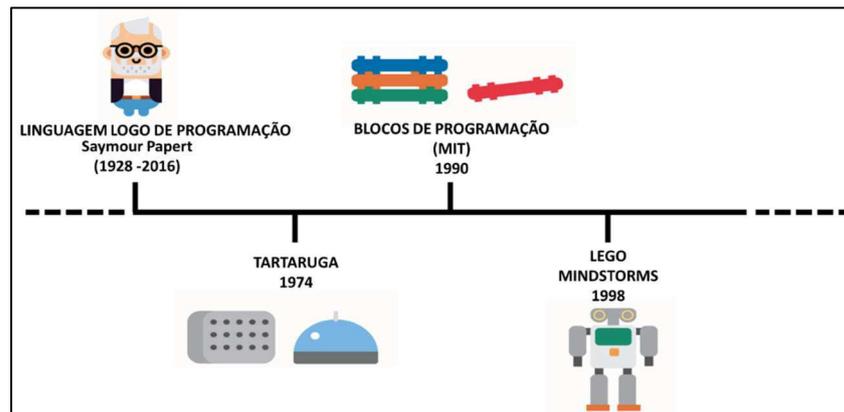
Em termos didáticos, a abordagem construcionista “[...] não é, em absoluto, dispensável por ser minimalista - a meta é ensinar de forma a produzir a maior aprendizagem a partir do mínimo de ensino" (PAPERT, 2008, p. 134).

Nesse viés, Papert (2008) aponta que a ideia é estabelecer um equilíbrio entre o processo de ensino e aprendizagem. A partir disso, ao adotar essa abordagem no ambiente escolar, pode-se refletir sobre dois fatos, o pensar e o construir, pois são eles considerados como peças-chave do processo de aquisição de conhecimentos e, muitas vezes, ocorrem simultaneamente, pois são processos interdependentes.

Quando pesquisamos sobre a RE, desde as ideias iniciais até, especificamente, as teorias educacionais que fundamentam essa prática, identificamos vários estudos que, ao longo do tempo, foram construídos sobre o tema, apesar de não terem a denominação ou conterem a expressão “robótica educacional”.

Na Figura 6, temos uma linha do tempo que sequênciava a evolução histórica dos recursos tecnológicos que vem sendo agregados à RE.

Figura 6 – Caminhos para os primeiros kits de robótica educacional



Fonte: Adaptado¹²

Na representação da Figura 6, aparece, inicialmente, o criador da linguagem LOGO, Papert, que proporcionou que crianças utilizassem o teclado de

¹² Disponível em: <https://www.primotoys.com/wp-content/uploads/2017/09/Ebook-PrimoToys_final-1.pdf> . Acesso em 22 mar. 2020.

computador para produção de figuras na tela ou em ambientes físicos da realidade prática, com uma tartaruga, descrita como um pequeno robô com uma caneta. Nesse contexto, Papert vislumbrava que:

o esboço desta nova disciplina surgirá gradualmente, e o problema de situá-la no contexto da Escola e no ambiente de aprendizagem maior, será melhor apresentado quando a tivermos na nossa frente. Apresento aqui uma definição preliminar da disciplina – porém apenas como uma semente para discussão – como aquele grão de conhecimento necessário para que uma criança invente (e, evidentemente, construa) entidades com qualidades evocativamente semelhantes à vida dos mísseis inteligentes. Se este grão constituísse a disciplina inteira um nome adequado seria “engenharia de controle” ou até mesmo “Robótica” (PAPERT, 2008, p. 171).

Na abordagem construcionista descrita por Papert (1985; 2008), os estudantes, quando utilizam o computador, imaginam suas construções mentais, relacionando formas concretamente manipuláveis, transformáveis fisicamente, e abstrações, elaborações mentais parcialmente conscientes. Esse processo favoreceria construções de conhecimentos.

De modo geral, Papert defende que os estudantes podem aprender fazendo, conforme Piaget já preconizara. Portanto, ao "conceito de que se aprende melhor fazendo, o construcionismo acrescenta: aprende-se melhor ainda quando se gosta, pensa e conversa sobre o que se faz" (MALTEMPI, 2005, p. 3).

Papert (1985) nos conta que, após o seu estágio em Genebra, com Piaget¹³, ficou inspirado pela imagem piagetiana da criança, em especial a ideia de que ela pode aprender sem a necessidade de instrução. Papert (1997) demonstra o seu encantamento pela forma como (e a partir de quando) as crianças começam a ter contato com o computador, parecendo já saber algumas informações sobre o seu funcionamento, podendo dominá-lo mais facilmente do que os pais, por exemplo.

A informática foi o instrumento necessário para o nascimento da Robótica, viabilizando a interação humana com a máquina. Foi exatamente isso que Papert fez ao desenvolver a linguagem de programação LOGO. Na educação, a informática

¹³ Papert, ainda que tenha atuado diretamente com Piaget, ao trabalhar em seu Centro de Epistemologia Genética, na Suíça, ressalta que há diferença entre a sua teoria e o construtivismo de Piaget. O construcionismo foi desenvolvido por Papert e não se ampara no método clínico proposto por Piaget. Na abordagem construcionista, os processos cognitivos não são nivelados e o meio social é um fator importante a ser considerado. Tal abordagem se pauta na ideia de que o aprendiz constrói o seu próprio conhecimento; que o desenvolvimento cognitivo é um processo ativo de construção e reconstrução de estruturas mentais, em que o conhecimento não é apenas uma transmissão de informações.

teve, com a linguagem LOGO, criada em 1967, um marco importante, que possibilitou uma evolução da dinâmica dos ambientes de aprendizagem onde as TD hoje estão presentes.

O criador do construcionismo descreve o computador como uma Máquina do Conhecimento, ao agregar o seu uso à educação, adotando uma postura de “rebelião construtiva”. No seu entendimento, os computadores poderiam ser utilizados “como instrumentos para trabalhar e pensar, como meios de realizar projetos, como fonte de conceitos para pensar novas ideias” (PAPERT, 2008, p.158), e não como uma forma de apoio à instrução automatizada.

É nessa perspectiva que Papert, junto com seu grupo do MIT, estudou possibilidades de uso do computador para efetivação de tais ideias, iniciando com a ideia da linguagem LOGO¹⁴, após ter trabalhado, por cinco anos, com Jean Piaget e sua equipe, no Centro de Epistemologia Genética, em Genebra.

Durante seus estudos, Papert revela uma frustração por não encontrar a resposta sobre como criar as condições para que mais conhecimentos pudessem ser construídos de acordo com as ideias piagetianas¹⁵ tendo a criança como construtora do seu conhecimento. Nesse aspecto, apesar de concordar com Piaget de que as crianças são aprendizes natos, também destaca divergências relatando que, o seu “[...] ponto de discordância com Piaget é quanto ao papel atribuído ao meio cultural como fonte desses materiais” (PAPERT, 1985, p. 20). Esses pensamentos opostos, e concorrentes, induziram Papert à criação do Media Laboratory, junto com Marvin Minsky, próximo ao Laboratório de Inteligência Artificial do MIT. Esse ambiente foi o cenário de criação da LOGO e do Mindstorms, kit de peças específico para a criação e programação de robôs, que deram origem a RE, objeto de estudo desta pesquisa.

A linguagem LOGO, fundamentada na abordagem construcionista de Papert, foi desenvolvida para fins educacionais. Com ele, acreditamos que

¹⁴ A palavra “LOGO” tem origem do grego *LOGO's*, que significa conhecer. Refere-se uma linguagem interativa que possibilita desenvolver o raciocínio, conceitos de matemática e de lógica (PAPERT, 2008). Papert tinha o intuito de oferecer aos estudantes uma linguagem de programação que pudesse incentivá-los a pensar e a construir novos conhecimentos. A LOGO tinha o propósito de “servir às crianças como instrumentos para pensar, refletir e construir, como fonte de conceitos para novas ideias” (PAPERT, 2008, p. 158).

¹⁵ Não podemos deixar de mencionar a relevância teórica de Piaget nas ideias propostas por Papert. No entanto, ressalta-se que esta pesquisa de cunho bibliográfico, não tem o propósito de conceituar e descrever os estudos do psicólogo Jean Piaget, direcionando o aprofundamento teórico para as contribuições de Papert com sua teoria construcionista.

dinâmicas de programação com essa linguagem computacional pode contribuir para a construção de conceitos matemáticos.

Papert queria ir além da programação realizada nos computadores. Seu anseio era que as crianças pudessem arquitetar seus próprios modelos robóticos também chamados de protótipos. Os protótipos utilizados, até então, tinham o formato de uma tartaruga e eram projetados e construídos pelos adultos, permanecendo distantes do mundo das crianças. Sua ideia inicial era aproximar o computador do mundo das crianças. Era preciso uma ferramenta para que elas pudessem construir as coisas que faziam parte do seu universo criativo.

Em paralelo com a linguagem LOGO, na década de 70, foi construído um objeto de solo, chamado de *LOGO's Yellow Turtle*¹⁶, um robô que se movimentava por meio de comandos executados na linguagem de programação LOGO. A Figura 7 mostra esse objeto utilizado como fonte de pesquisa por Papert em conjunto com a equipe do MIT.

Figura 7 - Tartaruga amarela do logo



Fonte: <http://cyberneticzoo.com/cyberneticanimals/1969-the-LOGO-turtle-seymour-papert-marvin-minsky-et-al-american/>

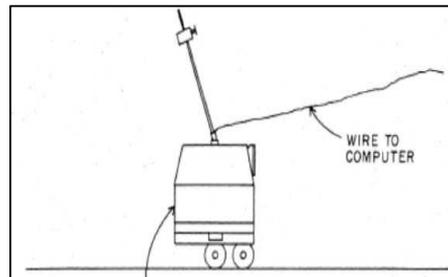
Em 1985, foi fundada a empresa que apresentou comercialmente o Robot Roamer, o primeiro robô educacional a ser comercializado. O Roamer tem seu formato parecido com uma tartaruga. Possui um teclado de funções localizado na parte superior e seus comandos são os mesmos da tartaruga LOGO, sendo possível programá-lo para realizar tarefas.

Seymour Papert e Cynthia Solomon publicaram, na revista *Educational Technology*, um artigo sobre a linguagem de programação LOGO: “Twenty things to do with a computer” (PAPERT; SOLOMON, 1971). Nesse artigo, eles

¹⁶ Tartaruga amarela do LOGO. Disponível em: <<http://cyberneticzoo.com/cyberneticanimals/1969-the-LOGO-turtle-seymour-papert-marvin-minsky-et-al-american/>>. Acesso em 02 jan. 2020.

apresentaram como as crianças poderiam programar computadores para controlar robôs, compor músicas, desenvolver jogos, fazer desenhos e elaborar outras tarefas. A estrutura destes robôs tinha cerca de 40 cm de altura e estava conectada por cabos ao computador que a controlava. Um modelo do robô utilizado por eles pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 - Esboço do robô tartaruga



Fonte: Papert e Solomon (1971)

A partir de 1998, a LEGO passou a confeccionar os primeiros kits de RE para comercialização, inclusive para escolas, tornando a Robótica, de certa forma, acessível a estudantes. A linguagem LOGO é utilizada até hoje para ensinar e proporcionar interação dos estudantes com a robótica e a programação.

Em 1967, antes que o laboratório de crianças do MIT, fosse formalmente criado, eu comecei a pensar sobre planejar uma linguagem de computação que seria apropriada a crianças. Isso não significava que deveria ser uma "linguagem de brinquedo". Pelo contrário, eu desejava que ela tivesse o poder das linguagens de programação profissionais, mas também queria que ela tivesse fáceis vias de acesso para principiantes sem domínio da matemática (PAPERT, 1985, p. 247).

A LEGO arquitetou os kits de Robótica no mesmo momento em que Papert estava desenvolvendo a LOGO. Com isso firmou-se uma parceria de Papert com a LEGO, necessitando de uma versão própria da LOGO para os kits de Robótica. A versão utilizada nos kits LEGO Technic recebeu o nome de TC LOGO (STEFFEN, 2002, p. 8-9). De acordo com Steffen (2002), tais kits de robótica da LEGO foram criados para uma finalidade pedagógica e chegaram ao Brasil via universidade, para, na sequência, chegar às escolas.

Apresentamos, a seguir, uma breve exposição desses kits e algumas das suas características físicas e estruturais.

Os kits da LEGO são compostos por uma unidade programável, componentes eletrônicos e componentes estruturais. Para explicarmos essa estrutura, descrevemos o primeiro Kit construído para esse fim, o LEGO Mindstorm, e sua evolução até hoje. A escolha por apresentar esses modelos levou em consideração a sua popularização nas atividades de trabalhos pesquisados.

A unidade programável do kit LEGO consiste em microcontroladores que recebem os programas construídos em softwares de programação, com o objetivo de movimentar o dispositivo robótico. Os componentes eletrônicos são os objetos que caracterizam a ação do dispositivo robótico, como os sensores (direção, cor, movimento, som, entre outros) e motores. Estes componentes permitem uma interação do dispositivo programável com o meio. Os componentes estruturais servem para criar o modelo do protótipo. Estes componentes podem ser peças (de vários modelos e materiais), materiais recicláveis, rodas entre outros.

Ainda em 1980, Papert, junto com a empresa LEGO, escolheu um conjunto de construção e a ele acrescentou o que foi necessário para a elaboração de um modelo cibernético. Com isso, as crianças teriam recursos para construir uma tartaruga com modelos e sensores e programar seus movimentos com a linguagem LOGO. Assim, se desejassem construir um dragão ou um caminhão, ou até mesmo ir além com a construção de uma cama-despertador, a única limitação seria a imaginação.

Nas primeiras experiências com esse conceito, os motores e sensores tiveram que ser conectados a um computador através de uma caixa de interface. Nos últimos anos, construímos computadores suficientemente pequenos para caber dentro dos próprios modelos. A diferença parece substancial: agora a inteligência está realmente no modelo, e não em um computador fora de escala. Além disso, os modelos agora podem ser autônomos; eles podem explorar a uma grande distância sem um cordão umbilical. Tudo isso os torna mais reais” (PAPERT, 2008, p. 184).

A partir da inspiração dos trabalhos desenvolvidos por Papert, Mitchel Resnick, professor de Pesquisas Educacionais do Laboratório de Mídia do MIT, ligado à Fundação LEGO e autor do livro *Lifelong Kindergarten* (Vida Longa no Jardim de Infância), formou um grupo de pesquisa que, em 2007, desenvolveu o *Scratch*¹⁷. Esse grupo também colabora com a LEGO no desenvolvimento de novas

¹⁷ Inspirado no LOGO, o Scratch, é uma linguagem de programação gráfica desenvolvida no (MIT) Media Lab pela equipe de Mitchel Resnick. (cf. MEIRELES, 2019).

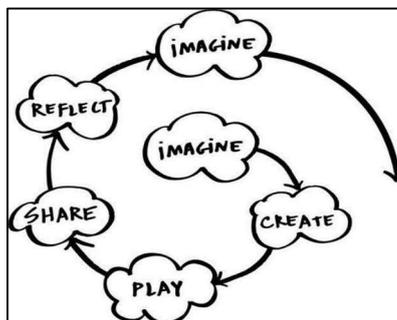
ideias em educação e novos produtos, incluindo os kits de Robótica LEGO Mindstorms¹⁸ e o WeDo¹⁹.

Resnick (1998) apresenta a espiral da aprendizagem criativa. Enquanto as crianças do jardim de infância brincam com blocos, edificam castelos e narram histórias, elas estão em um processo de elaboração do processo criativo. Ao imaginar alguma situação, na sequência, as crianças transformam as ideias em criações, em seguida, interagem e realizam experiências, compartilhando a invenção com outras pessoas. Depois, refletem sobre seus feitos. Por fim, as crianças têm novas ideias.

Ainda segundo Resnick (1998), no Construcionismo, as pessoas constroem novos conhecimentos quando estão imersas na elaboração de produtos contextualizados com a realidade pessoal. “Elas podem construir castelos de areia, máquinas de LEGO ou programas de computador. O importante é que elas estão empenhadas em criar algo que seja significativo para si ou para os outros ao seu redor” (RESNICK, 1998, p. 1).

Na Figura 9, está representada a espiral de aprendizagem criativa, a qual pode ser relacionada com as ideias construcionistas e ao uso da RE como recurso para o ensino. O movimento básico é o “aprender fazendo”, uma vez que, para compreender os conceitos, são necessárias práticas com a RE, e, que os estudantes investiguem, a partir de percepções individuais e coletivas, e construam seu próprio conhecimento.

Figura 9 - Espiral de aprendizagem criativa



Fonte: <https://descola.org/drops/espisal-aprendizagem-criativa/>

¹⁸ Kit de robótica da LEGO.

¹⁹ Kit de robótica da LEGO.

Na abordagem construcionista, os indivíduos protagonizam suas próprias realidades e aprendem com elas, combinando suas experiências com as dos demais. Isso vai ao encontro das atividades que contemplam a RE, pois os processos de criação e de programação passam por diferentes etapas em que o estudante é protagonista do seu próprio aprendizado.

Para Oliveira (2007), as atividades de RE proporcionam ao indivíduo executar ações sobre o robô, através de um computador, mediado por um software para a elaboração e construção da programação. Nesse sentido, o autor propõe o uso do termo trans-construcionismo, justificando que essa nomenclatura remete a um passo além do construcionismo, pelo fato de estabelecer uma relação de vinculação externa a uma ligação homem-robô. Com isso, propõe que essa relação é biunívoca, ou seja, estipulada nos dois sentidos, estabelecendo que o indivíduo tanto pensa no programa quando está montando o robô, quanto pensa no robô quando está agindo no programa.

Aplicando essas ideias da montagem e da programação de um protótipo, na perspectiva de explorar o ensino de conteúdos matemáticos, Papert (2008, p. 205), relata que, pela informática, a matemática pode ser “(...) conectada a muitos outros domínios... (...) isso inclui disciplinas específicas como dança, robótica, redação e estudos sociais”. Nessa perspectiva, nossas buscas para compreender como o ensino da matemática se relaciona com a RE são um campo aberto à revelação de práticas didáticas interdisciplinares.

Segundo César (2013), os termos mais utilizados para uso da robótica no ensino são: Robótica Educativa, Robótica Pedagógica e Robótica Educacional. Esta última expressão é a que adotamos ao longo deste trabalho, pois se evidenciou nas leituras realizadas como a mais utilizada pelos pesquisadores da área. Tal terminologia adotada é utilizada para:

[...] caracterizar ambientes de aprendizagem que reúnem materiais de sucata ou kits de montagem compostos por peças diversas, motores e sensores controláveis por computador e softwares, permitindo programar, de alguma forma, o funcionamento de modelos montados. Em ambientes de Robótica educacional, os sujeitos constroem sistemas compostos por modelos e programas que os controlam para que eles funcionem de uma determinada forma. Essa definição, segundo Laboratório de Estudos Cognitivos (LEC) da Universidade do Rio Grande do Sul, também vale para o termo “Robótica Pedagógica” (MENEZES; SANTOS, 2015, p. 01).

Desde as primeiras iniciativas de Papert nessa área, ele se atentou em envolver os estudantes na programação de computadores (PAPERT; SOLOMON, 1971) e, para isso, é necessária uma linguagem de programação específica. Ao utilizá-la, os estudantes têm o desafio de se apropriar de uma estrutura funcional associada a um modelo de programação, e, aplicá-los na construção de protótipos que respondam a comandos.

Sendo assim, nas atividades práticas de Robótica, se faz necessário pensar no software e no hardware que será utilizado para os processos de construção e de programação. Tanto quanto hardwares, hoje existem diversos tipos de softwares que podem ser utilizados na programação de protótipos robóticos. Papert, em seus estudos com Stephen Okco e Mitchel Resnick, em 1989, também do MIT, em uma parceria com a LEGO, criaram “a LEGO® Dacta, a caixa de engrenagens no LEGO-LOGO, e chamado, posteriormente, de kit de Robótica Educacional LEGO® Mindstorms” (CABRAL, 2011, p. 28), pensado e estruturado para a área educacional. Diante disso, amparada na abordagem construcionista,

[...] a Robótica educacional é o desdobramento natural das crenças e dos trabalhos de quem cria, e nela as atividades, geralmente, são direcionadas para a construção de um protótipo e, posteriormente, a programação deste. Para o sucesso desse processo é fundamental que os recursos utilizados na construção do dispositivo e na programação deste sejam adequados às características dos estudantes. (PRADO; MORCELI, 2019, p. 38).

O primeiro Kit foi desenvolvido pela LEGO em 1998, composto por software e hardware que permitem a montagem e programação de robôs customizados. Esse kit de Robótica era constituído por um microprocessador, motores, sensores e peças LEGO, para a construção dos esqueletos.

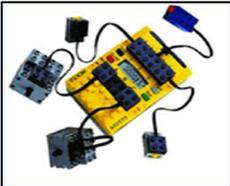
Desde primeira versão até a última, o kit ficou cada vez mais moderno e acompanhou a evolução das tecnologias disponíveis, embora seu propósito educacional tenha continuado o mesmo, ou seja, o de ofertar ao público infantil a experiência de construir e programar seus próprios protótipos robóticos.

Este *kit* de construção baseia-se na tecnologia do tijolo programável do MIT, onde um pequeno computador portátil está incorporado no interior de uma peça LEGO tradicional. Com esta tecnologia, o tijolo é capaz de interagir com o mundo físico, através de sensores e motores, permitindo que as crianças possam construir e programar os seus próprios robôs e outros aparelhos computadorizados. Esta tecnologia tem sido usada não só para brincar e aprender por crianças e adolescentes, mas também como

uma ferramenta de prototipagem rápida por parte das empresas (HANSEN e RESNICK, 2016, p. 01).

O LEGO RCX, apresentado no Quadro 3, foi desenvolvido em 1998, e foi o primeiro módulo programável dos produtos da linha LEGO Mindstorms.

Quadro 3 - Lego Mindstorms RCX

	<p>Conjunto de setecentas peças que permite a construção de robôs com diversas funções, graças a motores e a sensores de toque e de luz.</p>
---	--

Fonte: <https://www.wskits.com.br/LEGO-9797>

Em 2006 o modelo RCX (Quadro 4) foi substituído, com o lançamento do NXT 2.0, possibilitando expandir as criações com o uso de novos modelos de sensores e motores.

Quadro 4 - Lego Mindstorms NXT

	<ul style="list-style-type: none"> - 431 Peças (elementos de construção LEGO Technic e engrenagens, rodas, trilhos, pneus, entre outros); - 1 Processador NXT Brick; - 1 Bateria de lítio recarregável e um carregador DC; - 2 sensores de toque; - 1 Sensor ultrassônico; - 1 Sensor de luz; - 1 Sensor de som; - 3 servos motores com sensores internos de rotação; - 7 Cabos conectores para ligar os motores e sensores para o LEGO NXT; - 1 Cabo USB.
---	--

Fonte: <https://www.wskits.com.br/LEGO-9797>

Atualmente, em sua terceira geração, o Kit LEGO Mindstorms EV3 (Quadro 5) contém uma unidade programável, que recebe o nome EV3 Brick. Além do microprocessador, possui quatro portas de entrada e quatro portas de saídas, e também entrada para o cartão de memória. Estes componentes eletrônicos (sensores e motores), estruturais (peças de LEGO) e o software EV3, através de uma estrutura em blocos, propiciam a montagem e programação do robô. O Kit também possui um controle remoto por conexão infravermelha, que apresenta a

possibilidade de os dispositivos robóticos serem controlados por *smartphones* ou *tablets*, por meio de uma conexão *Bluetooth*.

Quadro 5 - Lego Mindstorms EV3

	<ul style="list-style-type: none"> -550 Peças LEGO Technic; -1 EV3 Brick; -Servo motores; - 1 Sensor de toque; - 1 Sensor de cor; -1 Sensor infravermelho; -1 Comando remoto; -1 Conjunto de cabos; - 1 Cabo USB.
---	--

Fonte: <https://www.wskits.com.br/LEGO-9797>

O robô pode ser considerado um brinquedo da moda, mas “é uma ferramenta que permite ao professor demonstrar na prática muitos dos conceitos teóricos, às vezes, de difícil compreensão, motivando o aluno, que a todo momento é desafiado a observar, abstrair e inventar” (ZILLI, 2004, p. 39). À vista disso, os kits de RE compostos por peças como motores, polias, sensores, engrenagens, eixos, blocos ou tijolos de montagem, peças de sucata como metais, plásticos, madeira, além de um microcomputador possibilitam a construção e montagem de protótipos que podem ser controlados e comandados por uma linguagem de programação (CAMPOS, 2005).

Podemos classificar os kits de RE em dois conjuntos: um que estabelece a aquisição de peças específicas junto ao fabricante, não oportunizando o aproveitamento de materiais recicláveis e dispositivos eletrônicos com custos mais acessíveis. O outro, denominado de “kits para RE livre”, ou seja, são materiais disponíveis por diversos fornecedores, que possibilitam a elaboração de projetos com custos mais baixos.

Nesse contexto, percebemos que existem kits de RE disponíveis para comercialização com o uso de materiais alternativos, como sucata e placas de prototipagem genéricas. Um exemplo é o Arduino, desenvolvido em 2005 na Itália, no formato de uma placa eletrônica programável de baixo custo. Desde sua primeira exposição, a placa Arduino tem se expandido em diferentes modelos e, até a realização deste trabalho, contabilizamos mais de vinte modelos diferentes.

Para fins educacionais, essa placa possui uma programação baseada na linguagem de programação C++, que apresenta um grau de complexidade para pessoas que não são programadoras. Atualmente, com bastante frequência, o Arduino vem sendo utilizado nas atividades de RE, pois existem softwares de programação em blocos como o S4A²⁰ e o Ardublock²¹, que possibilitam realizar a programação no formato de blocos, criada e direcionada para a educação básica.

[...] principais projetos de robótica educacional são iniciativas isoladas de universidades, prefeituras ou escolas particulares. A maioria das instituições utiliza kits padronizados, formado por hardware, software e material didático próprios. Algumas, em outra direção, adotam software livre e material reciclado para construção de robôs com diferentes níveis de complexidade (CURCIO, 2008, p. 23).

Uma das linguagens mais utilizadas em ambientes de RE é denominada programação em blocos. Esta linguagem oportunizou a origem de alguns robôs voltados para fins educacionais. Entre eles, o robô Edbot, fabricado no Reino Unido, que foi desenvolvido por pais interessados em ver seus filhos aprenderem com a tecnologia. Até aqui, caracterizamos um ambiente de RE com a exposição dos componentes robóticos do primeiro kit criado e designado para fins educacionais, bem como sua evolução até os dias de hoje. Também apresentamos alguns softwares que são utilizados para a programação do protótipo robótico. A seguir, registramos um histórico sobre a RE no contexto educacional brasileiro. Esta exposição dos estudos se faz relevante pelo fato de apresentar pesquisas que direcionam o entendimento da RE como um recurso pedagógico no processo de ensino, abrindo caminhos para investigar a sua presença no ensino de conceitos matemáticos.

3.4. PERSPECTIVA HISTÓRICA DA ROBÓTICA EDUCACIONAL NO CONTEXTO BRASILEIRO

O princípio da RE no Brasil foi marcado por uma interação de pesquisadores brasileiros com pesquisadores estrangeiros. Segundo Valente (1999), a primeira

²⁰ "S4A é uma modificação do zero que permite a programação simples da plataforma de hardware de código aberto do Arduino. Ele fornece novos blocos para gerenciar sensores e atuadores conectados ao Arduino". Disponível em: <<http://s4a.cat/>>, Acesso em: 31 mar. 2020.

²¹ Programa com linguagem de programação em blocos para programar a placa Arduino.

experiência com essa temática foi realizada Unicamp e esse trabalho foi denominado de Projeto LOGO, o qual tinha como objetivo introduzir tal linguagem de programação e adaptá-la ao contexto brasileiro.

Essas ações deram suporte ao uso em maior escala do LOGO na educação. Embora tenha sido utilizado em pesquisas em algumas universidades do país, esse sistema se disseminou com as iniciativas do governo em criar projetos como o Educom²². Além disso, o desenvolvimento de computadores de uso pessoal ampliou as possibilidades de uso da informática na educação no Brasil, assim como no mundo todo. (CAMPOS; LIBARDONI, p. 21, 2020)

A RE começou se desenvolver no Brasil a partir de 1993, no Núcleo de Informática Aplicada à Educação (NIED/UNICAMP), e, também, com as propostas de atividades de formação de professores dos Centros de Informática na Educação ao longo do país (D'ABREU, 2014). A partir dessa ação e conjuntamente com o avanço das tecnologias da informação, além do surgimento da internet, também se destacou no projeto o interesse em incorporar a Robótica nas escolas brasileiras.

A RE tem-se mostrado um campo de estudo que está em crescente exploração por pesquisadores que demonstram interesse pela temática, sendo inserida em vários contextos educacionais por meio de oficinas, aulas extracurriculares e até de implementação no currículo escolar. Nessa perspectiva,

[...] a revisão de literatura da área revela que a Robótica educacional como campo de pesquisa e prática está crescendo, com um grande potencial para impactar a natureza da educação em ciência e tecnologia em todos os níveis de ensino, da educação Infantil à universidade. A Robótica na educação notoriamente emergiu como um recurso tecnológico de aprendizagem, único que pode oferecer o “aprender fazendo”, bem como atividades lúdicas em um ambiente de aprendizagem atrativo, que fomenta o interesse e curiosidade dos alunos (CAMPOS, 2017, p. 2010).

D'abreu (1993), considerado um dos precursores de pesquisas com RE no Brasil, apresenta em sua dissertação, “Construção de um traçador gráfico para fins educacionais”, um relato da construção e da utilização do traçador gráfico em um ambiente de aprendizagem baseado no computador. Com essa prática, propõe a

²² O projeto Educom/NIED foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores da Unicamp e tinha como objetivo a utilização da linguagem LOGO como uma metodologia de ensino nas disciplinas de Matemática, Física, Química e Biologia e Português no Ensino Médio, em três escolas da rede pública do Estado de São Paulo. Tal proposta foi encaminhada para o Ministério da Educação (MEC) em 1983, mas as atividades se iniciaram em 1986 e terminaram em 1993.

realização de atividades de estudo de ângulos, estudo de funções, comparações e programação.

Atualmente a RE passou a fazer parte do contexto de algumas escolas, tendo como principal objetivo criar, montar, projetar e programar robôs vinculados a atividades educacionais (ALMEIDA; MAGALHÃES NETTO; CUSTÓDIO, 2017). O Fundo Nacional de Desenvolvimento e Educação (FNDE)²³, por meio da audiência pública, em abril de 2017, realizou um levantamento de subsídios para a definição de especificações técnicas sobre RE. O principal objetivo desta audiência foi averiguar a possibilidade de inserir a RE na rede pública de ensino nos Estados, Distrito Federal e Municípios.

O Projeto Básico de Robótica Educacional, discutido na audiência, tinha por objetivo principal utilizar a robótica como ferramenta de ensino e como recurso para fomentar a aprendizagem dos conteúdos curriculares, com o intuito de estimular a criatividade, a experimentação, a criticidade, a análise sistêmica e a inclusão de TD com vistas à inovação dos métodos de ensino.

A audiência pública disponibilizou um material²⁴ que detalhou a ênfase dada para a Educação Infantil, a qual, de forma lúdica, oportuniza à criança se apropriar do conhecimento. No Ensino Fundamental - Anos Iniciais, a proposta está fundamentada em resolução de problemas, por meio da construção de modelos mecânicos motorizados. Já no Ensino Fundamental - Anos Finais, o foco é o desenvolvimento da lógica de programação e, para o Ensino Médio, visa ao uso do potencial tecnológico disponível na sociedade atual, com recursos como o Arduino²⁵.

Apesar da audiência tratar da proposta de implementação da RE nas escolas públicas, não observamos um movimento para implantação desse recurso em colégios estaduais no Paraná. No entanto, a Secretaria de Educação do Estado do Paraná (SEED) oferta um espaço chamado de Seed Lab para o desenvolvimento

²³ Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/index.php/acoes/compras-governamentais/compras-nacionais/audiencias-publicas/item/10787-audi%C3%AAncia-p%C3%BAblica-n%C2%BA-4-2017-%E2%80%93-rob%C3%B3tica-educacional>>. Acesso em: 02 fev. 2020.

²⁴ Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/index.php/acoes/compras-governamentais/compras-nacionais/audiencias-publicas/item/10787-audi%C3%AAncia-p%C3%BAblica-n%C2%BA-4-2017-%E2%80%93-rob%C3%B3tica-educacional>>. Acesso em: 02 fev. 2020.

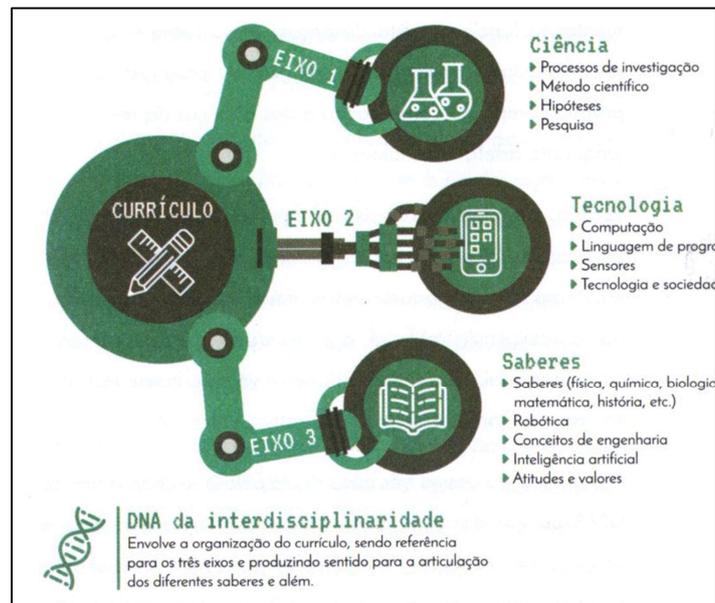
²⁵ A placa do Arduino é proposta por possibilitar a expansão através sensores e atuadores de baixo custo que podem ser encontrados facilmente no mercado.

de oficinas com estudantes, desde que ocorra um prévio agendamento pelo professor.

Dentre as oficinas ofertadas pela Seed Lab, uma delas recebe o nome de “Robótica Livre com Arduino”, que proporciona desafios envolvendo prototipagem eletrônica e programação. Os participantes têm a oportunidade de programar circuitos eletrônicos e robôs utilizando software Ardublock de programação por blocos.

Sobre a integração da RE ao currículo, Campos (2019) acredita ser indispensável pensar o currículo em três eixos, o da ciência, o da tecnologia e o do saber, conforme exposto na Figura 10:

Figura 10 - Modelo de robótica integrada ao currículo



Fonte: Campos (2019, p.143)

Nesse modelo, estão apresentados os aspectos que precisam orientar o currículo de RE nas escolas, tomando como orientação a construção do conhecimento e a autonomia dos estudantes no sentido de aprender fazendo (CAMPOS, 2019). O autor discorre que não se trata de somente incluir a robótica ao componente curricular porque

é interessante para conquistar novos alunos ou para ampliar a divulgação da escola, tampouco utilizar esse recurso tecnológico apenas em alguns momentos durante o ano letivo como parte de alguns componentes de ciências e matemática (CAMPOS, 2019, p. 143).

Diante do exposto e dos estudos sobre a concepção de inteligência coletiva de Pierre Lévy e da Teoria da Reorganização de Tikhomirov, já apresentados, percebemos uma relação entre os indivíduos e a tecnologia na composição de coletivos pensantes e inteligências coletivas em ambientes de aprendizagem baseados em Robótica. Barbosa (2011, p. 8), para corroborar com estas ideias, destacou em sua pesquisa que “a interação das mídias auxiliou na interação dos alunos nas atividades e na constituição de relações principalmente dos conhecimentos matemáticos com as construções e projetos de robótica pensados e trabalhados na escola”, ressaltando que o trabalho coletivo que foi realizado durante o projeto de RE proporcionou que “os conceitos já elaborados internamente pelos alunos poderiam fazer a relação com os novos conhecimentos e por sua vez sofrerem modificação” (BARBOSA, 2011, p. 152).

Até o momento, descrevemos essa caminhada desde as ideias da utilização da linguagem de programação para crianças até o uso dos kits de RE nas escolas. Esses dados se fazem relevantes para o entendimento da RE e para a construção do produto educacional decorrente desta investigação. A seguir, são apresentados os dados levantados nas fontes pesquisadas.

4. RESULTADOS ENCONTRADOS NO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Com a realização das duas primeiras fases do MS, identificamos 24 estudos que se revelaram pertinentes para esta pesquisa. Na sequência, apontaremos os resultados encontrados nas fases 3 e 4 do MS. Destacamos algumas características e também a descrição das atividades que utilizam a RE como um recurso para o ensino de conceitos matemáticos.

4.1. DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS

Segundo Motta, Basso e Kalinke (2019, p. 209), em um MS, a “descrição dos trabalhos possui quatro etapas: identificação das pesquisas, definição da metodologia de organização, pré-análise e categorização”. Com as buscas realizadas nos periódicos, identificamos 2 artigos que tratam do assunto abordado nesta pesquisa, abaixo organizados no Quadro 6 por títulos, autores, conteúdos e classificação no Qualis.

Quadro 6 – Artigos sobre robótica em periódicos brasileiros publicados entre 1996 e 2019

	Título	Autores	Conteúdo	Qualis
1	Aprendendo Matemática com Robótica	Fagundes (2005) et. al	Números positivos e negativos, frações, rigidez de formas geométricas e lógica.	(B1)
2	Aprender matemática num projeto interdisciplinar com robots	Martins; Fernandes (2015)	Posicionamento de retas no plano.	(B1)

Fonte: A Autora (2019).

A respeito das teses e dissertações disponíveis na CAPES e na BDTD foram elencados 22 trabalhos. No Quadro 7 eles estão relacionados e foram organizados sequencialmente a partir do terceiro trabalho encontrado (uma vez que os dois primeiros estão elencados no Quadro 6) e categorizados por título, autor, conteúdos e a base de busca.

Quadro 7 - Dissertações brasileiras sobre robótica disponibilizadas pela Capes e BDTD entre 1996 e 2019

	Título	Autor	Conteúdos	Base de busca
3	Robótica e as transformações geométricas: um estudo exploratório com alunos do Ensino Fundamental	Accioli (2005)	Simetria.	BDTD
4	Robótica educacional como cenário investigativo nas aulas de Matemática	Maliuk (2009)	Ângulos; circunferência; equações de distância e movimentos.	BDTD
5	Exploração de tópicos de Matemática em modelos robóticos: Com utilização do software SLOGO no Ensino Médio	Furletti (2010)	Desenho geométrico; triângulos equiláteros posições relativas entre retas; cálculo de área e comprimento; função do 1º e 2º Grau.	CAPES
6	A dança dos robôs: qual a Matemática que emerge durante uma atividade lúdica com robótica educacional?	Leitão (2010)	Simetria.	CAPES
7	Robótica educacional: socializando e produzindo conhecimentos matemáticos	Moraes (2010)	Figuras geométricas; retas paralelas; rigidez do triângulo; equação do 1º grau.	BDTD
8	Uso da Robótica no ensino de proporção aos alunos do Ensino Fundamental II	Nascimento (2012)	Razão e proporção; figuras geométricas.	CAPES
9	Robótica na sala de aula de Matemática: os estudantes aprendem matemática?	Martins (2012)	Simetria; medidas; frações; multiplicação e divisão de números inteiros.	BDTD
10	O uso da Robótica Educativa e o desenvolvimento de competências e habilidades matemáticas	Almeida Neto (2014)	Área e perímetro; círculo e circunferência; localização/movimentação de objeto em mapas, croquis e outras representações gráficas.	CAPES
11	A Robótica educacional como meio para a aprendizagem da Matemática no Ensino Fundamental	Gomes (2014)	Construção de figuras geométricas.	CAPES
12	A robótica como auxílio à aprendizagem da Matemática: percepções de uma professora do Ensino Fundamental público	Rodarte (2014)	Ângulos.	CAPES
13	Robótica educacional e raciocínio proporcional: uma discussão à luz da teoria da relação com o saber	Oliveira (2015)	Geometria plana e proporção.	CAPES
14	Atividades com Robótica Educacional para as aulas de Matemática do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental: utilização da metodologia LEGO® Zoom Education	Rodrigues (2015)	Frações; Análise Combinatória; Probabilidade e Funções.	CAPES

15	Robótica Educativa: um recurso para o estudo de geometria plana no 9º ano do Ensino fundamental	Wildner (2015)	Geometria plana.	CAPES
16	Ensino das Relações Métricas do Triângulo Retângulo com Robótica Educacional.	Santos (2016)	Relações métricas do triângulo retângulo.	CAPES
17	Função polinomial do 2º grau: uma sequência didática apoiada nas tecnologias digitais	Casagrande (2017)	Função polinomial do 2º grau.	CAPES
18	Robótica nas aulas de Matemática: Uma perspectiva tecnológica associada ao ensino de funções	Oliveira (2017)	Funções.	CAPES
19	Uma aplicação da Robótica Educacional no estudo do número irracional π utilizando LEGO MINDSTORM EV3	Armão (2018)	Número irracional π .	CAPES
20	Robótica Educacional e o ensino de Matemática: um experimento educacional em desenvolvimento no Ensino Fundamental	Galvão (2018)	Razão e proporção.	CAPES
21	Inserção da Robótica Educacional nas aulas de Matemática: desafios e possibilidades	Maffi (2018)	Cálculo de distância; ângulo.	CAPES
22	Robótica educativa Na construção do pensamento matemático	Aragão (2019)	Número irracional π , razão e proporção.	BDTD
23	Matemática com tecnologias: cubo de Rubik e robótica.	Barbosa (2019)	Geometria espacial; raciocínio lógico matemático.	CAPES
24	Assimilação de conceitos relacionados a triângulos e quadriláteros através da Robótica Educativa	Rüedell (2019)	Geometria euclidiana plana.	CAPES

Fonte: A Autora (2019).

Para categorizar os dados coletados, adotamos as ideias de Fiorentini e Lorenzato (2006), para quem a categorização “significa um processo de classificação ou de organização de informações em categorias, isto é, em classes ou conjuntos que contenham elementos ou características comuns” (FIORENTINI; LORENZATO, 2006, p. 134).

Este processo possui três princípios que são: (1) o conjunto das categorias precisa estar relacionado a uma ideia ou conceito central capaz de abranger todas as categorias; (2) as categorias devem ser disjuntas, isto é, mutuamente exclusivas, de forma que cada elemento esteja relacionado com apenas uma categoria; (3) as

categorias precisam abranger todas as informações obtidas (FIORENTINI; LORENZATO, 2006).

Além disso, as categorias podem ser classificadas em três tipos: (1) definidas a priori, (2) emergentes ou (3) mistas. Vamos utilizar as categorias emergentes que são obtidas mediante um processo interpretativo dos dados coletados. Deste modo, “as categorias construídas emergem do material sob análise e não da literatura propriamente dita, embora, neste processo, o diálogo com a literatura e outras formas de classificação seja conveniente e necessário” (FIORENTINI, 2002, p. 4).

Esta forma de organização permite comparar por contraste os diferentes olhares e resultados produzidos, independentemente da escolha teórica ou metodológica de cada estudo. Ela possibilita o respeito à diversidade e às múltiplas formas de produzir conhecimentos dentro de um campo específico como o da Educação Matemática (FIORENTINI, 2002).

Estruturamos, nesta etapa da pesquisa, uma categorização dos trabalhos selecionados, identificando a modalidade (artigos, tese ou dissertação), a abordagem teórica, se apresenta alguma metodologia de ensino (resolução de problemas, projetos, entre outras), o ano escolar, materiais utilizados, o software usado para a programação e os conteúdos matemáticos que são explorados nas atividades propostas. Para isto, realizamos o fichamento conforme apresentado Quadro 8.

Quadro 8 - Caracterização das pesquisas para o fichamento

Dados dos estudos	Descrições dos dados
Modalidade	Tipo do estudo: artigo, dissertação ou tese.
Título	Título dos trabalhos.
Resumo	Resumo dos trabalhos.
Autor	Autor (a) do estudo.
Público alvo	Ano escolar de aplicação da atividade.
Instituição	Pública ou privada.
Região	Localização por região do Brasil.
Palavras-chave	Descrição das palavras.
Aplicado em sala de aula	As atividades foram curriculares (C) ou extracurriculares (EC)
Metodologia e Teoria de Aprendizagem	Metodologia e teoria de aprendizagem utilizada para elaboração e aplicação das atividades.
Kit e software utilizado	Identificação do kit de robótica e o software usado para a programação.
Conteúdos matemáticos específicos	Identificar os conteúdos matemáticos que são explorados nas atividades.

Fonte: Adaptado de Fragoso (2017).

Para dispor as categorias, seguimos a proposta de Fiorentini (2002) utilizando focos e subfocos temáticos. À vista disso, Motta, Basso e Kalinke (2019, p. 211) destacam que “para o autor, os estudos inventariantes organizam as pesquisas por meio da identificação de subfocos e focos temáticos”. Com isso estabelecemos três focos e 19 subfocos temáticos. Convém mencionar que um trabalho pode pertencer a mais de um foco ou subfoco e que a organização, presente na Tabela 6, mostra a percepção da autora desta pesquisa.

Tabela 6 – Distribuição quantitativa de subfocos temáticos de Geometria dos 24 trabalhos encontrados no Mapeamento Sistemático

Foco Temático	Quant.	Subfoco temático	Quant.	Autores
Geometria	12	Relações métricas do triângulo retângulo	1	Santos (2016)
		Volume	1	Maliuk (2009)
		Ângulos	2	Maliuk (2009) Rodarte (2014)
		Simetria	3	Accioli (2005) Martins (2012) Leitão (2010)
		Figuras geométricas	5	Furletti (2010) Moraes (2010) Nascimento (2012) Gomes (2014) Wildner (2015)
		Rigidez do triângulo	2	Fagundes et al. (2005) Moraes (2010)
		Área e perímetro	3	Furletti (2010) Almeida Neto (2014) Wildner (2015)
		Desenho geométrico	2	Furletti (2010) Wildner (2015)
		Círculo e circunferência	3	Maliuk (2009) Almeida Neto (2014) Armão (2018)
		Razão e proporção	4	Nascimento (2012) Oliveira (2015) Razão e proporção Aragão (2019)
		Posição relativas entre retas	2	Furletti (2010) Moraes (2010)
		Geometria euclidiana plana	1	Rüedell (2019)
Álgebra	1	Equações	2	Maliuk (2009); Moares (2010)
Números	4	Número irracional π	2	Armão (2018) Aragão (2019)
		Números positivos e negativos	1	Fagundes et al. (2005)
		Frações	3	Fagundes et al. (2005) Martins (2012) Rodrigues (2015)
		Multiplicação e divisão de números inteiros	1	Martins (2012)

Funções	2	Função do 1º grau	2	Furletti (2010) Oliveira (2017)
		Função do 2º grau	3	Furletti (2010) Casagrande (2017) Oliveira (2017)

Fonte: Adaptado Motta, Basso e Kalinke (2019).

Os focos e subfocos foram elencados e formulados a partir do fichamento e das nuvens de palavras. Na sequência, apresentamos o conjunto de características gerais das pesquisas mapeadas, necessário à realização da análise crítica apresentadas adiante.

4.1.1. Características gerais das pesquisas mapeadas

As três bases escolhidas para a realização desta pesquisa em consonância com as *strings* formuladas nos revelaram inicialmente 311 trabalhos, dos quais restaram 24, após aplicados os critérios de exclusão. Apresentamos, no Quadro 9, algumas características gerais destas pesquisas.

Quadro 9 – Distribuição quantitativa dos trabalhos investigados por região, instituição e dependência administrativa

Região	Tipo de Instituição	Instituições/ quantidade
CENTRO – OESTE (1)	Pública	UFG (1)
NORDESTE (3)	Pública	UFC (1); UEPB (2)
NORTE (2)	Pública	UFOPA (1); IFAM (1)
SUL (10)	Pública	FURB (2); FURG (2); UPF (2); UFRS (2); UFRS (1)*
	Privada	UNIVATES (1); PUC – RS (1)
SUDESTE (5)	Pública	UNESP (1); UFLA (1)
	Privada	PUC - SP (1); UNIBAN (2); PUC Minas (1)

Legenda: UFC – Universidade Federal do Ceará; FURB - Universidade Regional de Blumenau; FURG – Universidade Federal do Rio Grande; UFG – Universidade Federal de Goiás; UPF – Universidade de Passo Fundo; PUC - Pontifícia Universidade Católica; UFLA – Universidade Federal de Lavras; UNIBAN; UEPB; UNIVATES - Universidade do Vale do Taquari; IFAM – Instituto Federal do Amazonas; UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; UFRS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul; UFOPA - Universidade Federal do Oeste do Pará.

* Artigo de Fagundes (2005) et. al selecionado no mapeamento.

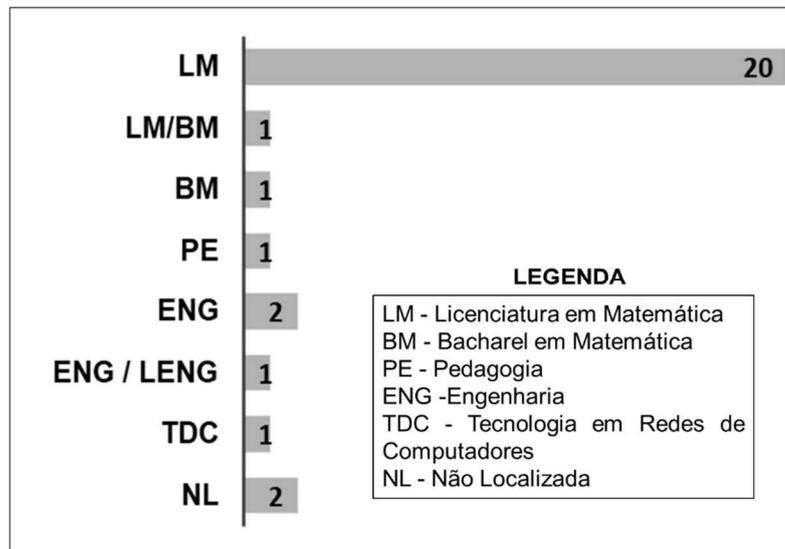
Fonte: A Autora (2020).

Observamos que foram encontrados trabalhos em todas de todas as regiões brasileiras, sendo dez da região sul, seis do Sudeste, um da centro-oeste, três do Nordeste e dois do Norte. A maioria dos trabalhos sobre robótica eram de pesquisadores vinculados a instituições públicas (12) e cinco de pesquisadores

vinculados a instituições privadas. Ressalta-se que em um dos artigos não identificamos a instituição de vínculo dos pesquisadores.

Quanto à formação dos pesquisadores, criamos o Gráfico 2, no qual podemos observar que a maioria possuía formação em Licenciatura Matemática, totalizando 20, dos 29 pesquisadores (22 autores das dissertações e 7 autores dos dois artigos).

Gráfico 2 - Formação dos autores dos trabalhos sobre robótica pesquisados



Fonte: A Autora (2020).

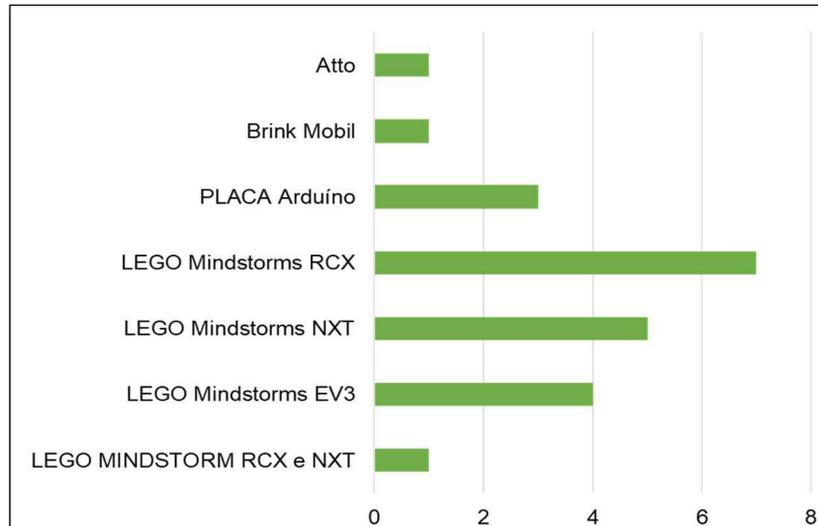
Das 24 pesquisas registradas nos trabalhos, 13 (54%) foram realizadas em escolas da rede pública, 10 (42%) em escolas rede privada e 1 (4%) não foi possível identificar. Quanto às modalidades do Ensino, percebemos que a maioria dos trabalhos é relacionada ao Ensino Fundamental - Anos Finais, representando 71% (17 pesquisas). Na sequência, o Ensino médio totaliza 17% das pesquisas (4); já o Ensino Fundamental - Anos iniciais configura 8% dos estudos (2). Uma das pesquisas correspondeu à totalidade do Ensino Fundamental, representando também 4% das pesquisas (1).

A respeito dos kits utilizados nas atividades práticas, apresentamos no Gráfico 3 a lista de todos os kits citados nos estudos averiguados.

Observamos que os kits da LEGO são a maioria. Estes kits existem em três modelos o RCX, o NXT e o EV3. Destes, o RCX foi o mais utilizado. Isso pode ser

atribuído ao fato de ele ser o kit mais antigo e o primeiro a ser lançado no mercado educacional.

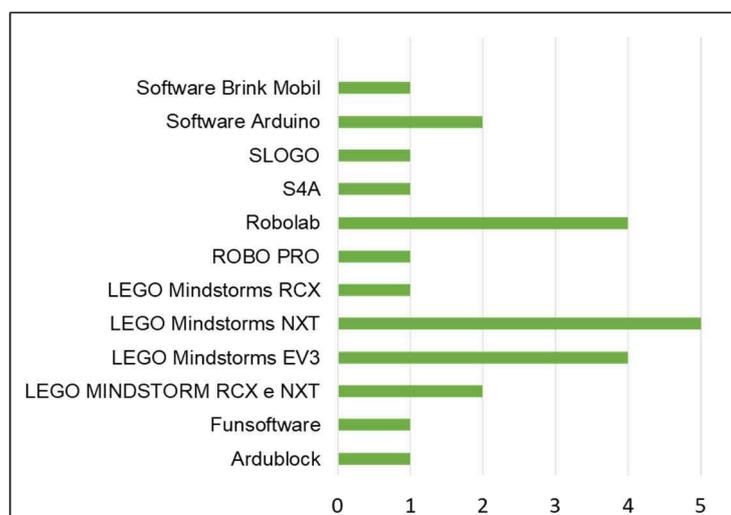
Gráfico 3 - Kits de RE utilizados nas atividades práticas



Fonte: A Autora (2020).

Na conjunção dos estudos notamos que os softwares mais utilizados são aqueles produzidos pela LEGO para compor seus próprios kits de RE, aparecendo em 17 trabalhos dos 24 analisados. No Gráfico 4, estão listados os softwares que foram utilizados como ambiente de programação para criação e formulação dos códigos para movimentação dos protótipos.

Gráfico 4 - *Softwares* de RE utilizados nas atividades práticas



Fonte: A Autora (2020).

4.2. PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

Apresentaremos o portfólio bibliográfico dos estudos que, segundo Motta, Basso e Kalinke (2019, p. 214), é caracterizado “[...] um panorama das pesquisas inventariadas, por meio dos parâmetros (categorias) estabelecidos pelos autores”. Para isso, descrevemos cada foco e subfoco caracterizados.

Na categorização, algumas pesquisas se repetiram em focos e subfocos diferentes, pois englobam mais do que um conteúdo. Segue uma síntese de cada uma delas em ordem cronológica de publicação.

Apresentamos os trabalhos encontrados e selecionados tal como os caminhos descritos no capítulo relativo à metodologia investigativa. Seguindo a cronologia das pesquisas sobre RE no Ensino de Matemática, resumimos os resultados dos trabalhos relacionadas com a temática do presente estudo, buscando reconhecer o papel da matemática relacionada ao uso da RE nas atividades neles descritas.

Para melhor organização da exposição das atividades que foram realizadas nos 24 trabalhos selecionados, seguimos o modelo de fichamento descrito anteriormente. Ressaltamos que, na modalidade de fichamento, utilizamos a expressão “extracurricular” (EC) para atividades que foram realizadas em horário não regular de ensino, na forma de projeto específico ou oficina. Já quando as atividades foram realizadas em aulas de matemática, utilizamos a expressão “curricular” (C). Também registramos a questão de pesquisa apresentada pelos autores dos estudos. Quando não foi identificada uma questão investigativa, buscamos o objetivo de pesquisa indicado pelo (a) respectivo (a) autor (a).

Accioli (2005, p.5) apresentou um estudo exploratório que investigou as funcionalidades do ambiente robotizado ROBOLAB. Sua pesquisa de mestrado buscou em responder à seguinte questão: “Como um ambiente de robótica pode funcionar como um micromundo de aprendizagem matemática, no sentido de possibilitar a construção de novos significados para a Simetria?”

As atividades foram aplicadas em dez sessões para estudantes de todo o Ensino Fundamental de uma escola particular, como demonstrado no Quadro 10.

Quadro 10 - Fichamento do trabalho de Accioli (2005)

TEMA: DANÇA DOS ROBÔS					
Ano/ Série	Grupo 1: 4° e 5° ano Grupo 2: 6°, 7° e 8° ano	Modalidade	EC	KIT	Legó RCX
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas Investigação Matemática	Aportes teóricos	Situações do cotidiano e Teoria dos Campos Conceituais VERGNAUD (1997)		
Conteúdos	Simetria; características e propriedades do quadrado.				
Questão de Pesquisa					
“Um ambiente de robótica pode funcionar como micromundo de aprendizagem matemática, no sentido de possibilitar a construção de novos significados para a Simetria?” (ACIOLLI, 2005, p. 5).					
Sessões	Propostas e Encaminhamentos				
1ª	Apresentação da robótica e a formação de dois grupos de estudantes para exploração das peças e dispositivos do kit que foi utilizado nas atividades propostas. Grupo 1: Tinha como proposta inicial identificar os componentes, tais como os blocos de montar, engrenagens, roda, eixos, polias e motores. Grupo 2: Construção de uma vara de pescar comprida e rígida, para possibilitar a familiarização com a maioria das peças do kit.				
2ª	Exploração dos conceitos de estruturas flexíveis e rígidas, identificando propriedades e características com a construção de objetos pelo uso das peças como modelo de uma cadeira de praia. Na sequência, foi dada introdução ao funcionamento das engrenagens em diferentes propostas de montagens e discutido o sentido de rotação e velocidade obtida em cada uma delas, além da comparação entre as montagens, identificando as semelhanças e as diferenças entre as propostas apresentadas pelos grupos 1 e 2.				
3ª	Nessa sessão, o estudo iniciou com as polias e, na sequência, foi montado um carrossel para percepção de seu funcionamento e também das engrenagens.				
4ª	Montagem de um modelo sugerido com dois motores para iniciar a linguagem de programação, explorando blocos disponíveis e identificando suas funcionalidades como a movimentação do robô para traz, para frente, sentido horário e/ou anti-horário.				
5ª	Aplicação da primeira sondagem com uso de papel e lápis. O objetivo foi elaborar um programa para movimentar o modelo para frente e para traz, combinando na montagem o sensor de toque e o sensor de luz.				
6ª	Grupo1: Em duplas e utilizando o mesmo robô construído na sessão anterior, os estudantes foram desafiados a criar um programa para executar a trajetória de um quadrado utilizando o controle de tempo e o acionamento dos motores. Grupo 2: A mesma proposta utilizada para o grupo 1 com diferença no uso do sensor de ângulo, o qual tem duas maneiras de ser controlado, uma delas é através do ângulo de rotação do eixo contido no sensor e a outra com o controle das rotações deste eixo.				
7ª	Montagem e programação dos modelos para realizar a trajetória definida na sessão anterior.				
8ª					
9ª					
10ª	Aplicação da segunda sondagem com uso de papel e lápis.				

Fonte: Accioli (2005).

A partir das sessões realizadas, Accioli (2005, p.115) concluiu que a partir da interação dos estudantes com os artefatos robóticos construídos, o ambiente de programação e as atividades propostas, foi possível observar conexões com

conceitos matemáticos tais como simetria, características e propriedades do quadrado. Ainda destacou que “[...] as atividades desenvolvidas no ambiente ROBO LAB MINDSTORM não favoreceram a transição da etapa intrafigural para etapa interfigural”, pois os dados coletados e identificados durante as atividades indicaram que apenas alguns alunos apresentaram indícios desta transição.

O artigo de Fagundes et al. (2005, p. 1), descreve um projeto que tinha como foco “a construção dos conceitos por meio das Assessorias de Matemática, nas quais são feitas atividades com jogos, material concreto, interação virtual, com *software* e com a robótica”. As características da proposta realizada pelos autores estão descritas no Quadro 11.

Quadro 11 - Fichamento do trabalho de Fagundes et al. (2005)

TEMA: DIFERENTES CONSTRUÇÕES					
Ano/ Série	6º e 7º Ano – EF – Anos Finais	Modalidade	EC	Kit	Lego RCX
Tendência Metodológica	Investigação Matemática	Aportes teóricos	Construcionismo de Papert		
Conteúdos	Números positivos e negativos, frações, rigidez de formas geométricas e lógica.				
Questão de Pesquisa					
“Como desenvolver nossas aulas de Matemática de forma que sejam as mais interessantes e eficazes, do ponto de vista da aprendizagem dos alunos, possíveis?” (FAGUNDES et al., 2005, p. 2).					
Propostas e Encaminhamentos					
A proposta iniciou com um trabalho envolvendo o estudo de frações, razão, números positivos e números negativos, que aconteceu por meio da utilização das peças do kit para movimentar, deslocar (distância, amplitude de rotação) estes objetos (engrenagens, pinos e peças) em função de outros. Também foi realizada a construção e programação de alguns modelos como exemplo: roda gigante.					

Fonte: Fagundes et al. (2005).

Fagundes et al. (2005, p. 9) destacaram que, ao programar os protótipos, os estudantes utilizaram os seguintes comandos: “‘como iniciar o motor’ - ou outros equipamentos, tais como lâmpadas por exemplo -, ‘parar’, ‘trocar sentido’, ‘tempo de funcionamento’, etc...”. Ainda ressaltaram que os estudantes utilizaram a estratégia de identificar o erro e tentar resolver. Vale ressaltar que não identificamos detalhes sobre como foi realizada a programação dos protótipos.

Os autores apontam a valorização do aspecto investigativo que emerge do “interesse” dos estudantes, pois isto possibilitou a autonomia deles em simulações reais. A respeito dos conceitos matemáticos, os autores relataram um projeto no qual o objetivo consistiu em refletir sobre alguns conceitos aritméticos e

geométricos, tais como números positivos e negativos, frações, rigidez de formas geométricas e lógica.

A pesquisa de Maliuk (2009) apresentou experiências realizadas durante os anos de 2007 a 2008 com o uso da RE nas aulas de Matemática em uma escola de Ensino Fundamental - Anos Finais. A autora adotou a abordagem teórico-prática proposta por Ole Skovsmose, na qual os panoramas de investigação são pensados em paralelo à sala de aula tradicional. Os dados da pesquisa estão descritos no Quadro 12.

Quadro 12 - Fichamento do trabalho de Maliuk (2009)

TEMA: CENÁRIOS INVESTIGATIVOS					
Ano/ Série	9º ano – EF Anos Finais	Modalidade	C	Kit	Lego RCX
Tendência Metodológica	Investigação Matemática	Aportes teóricos	Construcionismo de Papert		
Objetivo de Pesquisa					
Descrever a experiência do uso da RE nas aulas de matemática.					
Conteúdos	Ângulos; circunferência; equações de distância e movimentos				
Propostas e Encaminhamentos					
<p>Maliuk (2009) propôs a construção de um cenário investigativo para a construção de cenários investigativos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um dos cenários criado apresentou como tema principal a reciclagem, assim, os estudantes foram investigar a temática e a primeira discussão foi sobre a base dos materiais que formam os resíduos recicláveis. Como resultado, construíram uma Esteira Seletora, que tinha como finalidade selecionar os resíduos automaticamente. • Outro cenário explorado foi as formas de energia mais comuns. Como a energia elétrica foi destacada como a principal forma mais utilizada, os estudantes criaram uma lista com diversas maneiras e atitudes que podem ajudar para a economia de energia e a proposta foi a construção de um fogão solar. • Também foi criado um cenário voltado para um dos estudantes da turma que tinha ficado paraplégico. A ideia foi construir uma cadeira de rodas e para isso utilizaram o kit Lego. • Para explorar a programação, foi criado um ambiente de competição. Tal ambiente foi composto por construções de protótipos de carrinhos criados pelos estudantes, que, na sequência, exploravam a programação deste protótipo. 					

Fonte: Maliuk (2010).

A autora registrou que, no decorrer da atividade, a matemática emergiu. Durante as discussões realizadas, determinados conteúdos de fizeram necessários, tais como o cálculo, ao verificarem o consumo de cigarro uma única pessoa em um mês. Na sequência, pesquisaram a quantidade de fumantes da cidade de Porto Alegre; realizaram comparações em relação a quantidade de habitantes e ainda estimaram a quantidade de lixo produzido em um ano devido ao consumo dos cigarros.

Nessa proposta, Maliuk (2009) destacou que os estudantes trabalharam com estimativas de distância e de tempo. A partir disso, tentaram utilizar números decimais para a programação do tempo e verificaram que poderiam fazer o uso dos números com mais de uma casa decimal. Nesse momento, segundo a autora do estudo, eles partiram para a estratégia de “tentativa e erro”. Na conclusão do trabalho, ela destacou que as atividades práticas desenvolvidas com o uso do kit de RE revelaram-se um campo de estudos para o entendimento de conceitos matemáticos.

Furletti (2010) descreve a construção de um dispositivo robótico programado em ambiente LOGO como ferramenta exploratória de ensino de conceitos matemáticos. No Quadro 13 apresentamos o fichamento da pesquisa.

Quadro 13 - Fichamento do trabalho de Furletti (2010)

TEMA: RODA GIGANTE					
Ano/ Série	2ª Série do Ensino Médio	Modalidade	EC	Kit	Lego RCX
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas Modelagem Matemática	Aportes teóricos	Construcionismo de Papert Construtivismo Piaget		
Conteúdos	Função do 1º e do 2º grau.				
Questão de pesquisa					
“De que forma a manipulação de modelos robóticos controlados pelo programa Slogo pode contribuir para o ensino de tópicos de matemática do Ensino Médio?” (FURLETTI, 2010, p. 11).					
Propostas e Encaminhamentos					
Foi proposta uma sequência didática, tendo como ponto norteador a construção de um modelo.					
Atividade 1	Consistiu na montagem da roda gigante com palito de churrasco, garrote, tesoura, régua, compasso, esquadro de 45°, transferidor, alicate de corte, cola quente, interface POP1, fonte para interface POP1, cabo serial-serial e servomotor de rotação.				
Atividade 2	Exploração dos conceitos geométricos da roda gigante. Foram discutidas questões como: “O que você sabe a respeito da soma dos ângulos internos de um triângulo?” (FURLETTI, 2010, p. 106). Verifique e justifique os “segmentos na roda gigante e identifique-os entre paralelos, perpendiculares ou concorrentes” (FURLETTI, 2010, p. 107).				
Atividade 3	Nessa atividade, foi iniciado o estudo de funções, para o que foram utilizados cronômetro, lápis e papel. A atividade proposta consistia em montar tabelas e gráficos tendo como base “o número de voltas x tempo (seg), com os seguintes comandos” (FURLETTI, 2010, p. 113). Os principais objetivos desta atividade foram: “contextualizar função do 1º grau; modelar funções do 1º grau e realizar a abordagem de conceitos matemáticos de forma atrativa” (FURLETTI, 2010, p. 73).				
Atividade 4	Programando a roda gigante: “Testes os seguintes comandos :a) servo 1 1; b) servo 1 255; c) servo 1 1 espere 50 servos 1 0; d) repita 2 [servo 1 1 espere 50 servo 1 0]” (FURLETTI,				

	2010, p. 110). Na sequência, foram colocadas perguntas como: “Escreva aqui o programa para realizar o funcionamento da roda gigante com suas palavras” (FURLETTI, 2010, p. 110). “Agora altere seu programa para que a roda gigante funcione apenas 20 segundos. Depois de pronto, escreva o programa abaixo” (FURLETTI, 2010, p. 111). “O número de voltas que a roda gigante dá com este programa é:” (FURLETTI, 2010, p. 111). Além disso, essa atividade trabalhou com o conceito de função do 2º grau, com o objetivo: “Contextualizar e modelar função do 2º grau; realizar a transposição de dados tabelados para o plano cartesiano; realizar a abordagem de conceitos matemáticos de forma atrativa” (FURLETTI, 2010, p. 84).
--	--

Fonte: Furletti (2010).

O foco principal da atividade foi a montagem de uma roda gigante e o autor ressaltou que, durante a construção do modelo, os conteúdos matemáticos foram surgindo e “os sujeitos envolvidos na pesquisa conseguiram lidar com os conceitos matemáticos de forma extremamente natural e próxima ao contexto do momento” (FURLETTI, 2010, p. 64).

Como resultado final da sequência didática proposta, o pesquisador concluiu que os estudantes demonstraram interesse em realizar as atividades. Ainda, destacou a importância da contextualização, oportunizando um estudo interpretativo. Tal proposta impacta “de forma favorável à manipulação de modelos robóticos como ferramenta auxiliar no ensino de conceitos matemáticos” (FURLETTI, 2010, p. 92).

Leitão (2010) apresentou em sua pesquisa a prática em sala de aula da robótica como atividade lúdica, pontuando que o robô por si só é um elemento motivador para os estudantes. No QUADRO 14 está apresentado o fichamento da sua pesquisa.

Quadro 14 - Fichamento do trabalho de Leitão (2010)

TEMA: DIFERENTES CONSTRUÇÕES				
Ano/ Série	9º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	C	Kit Lego NXT
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas	Aportes teóricos	Construcionismo Papert O brinquedo e a aprendizagem Vygotsky (2004)	
Conteúdos	Simetria.			
Questionamento da pesquisa				
“Quais ideias matemáticas emergem durante a atividade associada ao desafio de uma dança coreografada de robôs? Qual é o papel do material na emergência dessas ideias? Como o aspecto lúdico do trabalho com robôs influencia o envolvimento com os alunos?” (LEITÃO, 2010, p. 15).				
Propostas e Encaminhamentos				

Primeira Sessão	Conhecimento do material: foi sugerida a construção de um modelo do guia de construção do próprio kit. Na sequência, foi realizada a programação para que esse modelo realizasse uma trajetória em linha reta; também foram explorados os sensores de toque e luminosidade.
Segunda Sessão	Programar o modelo robótico para traçar o desenho no lado oposto a um eixo de reflexão, de forma que se compusesse uma figura simétrica
Terceira Sessão	Programar o robô para chegar na posição (um dos retângulos pretos escolhido). Obrigatoriamente deveria passar pelo centro da figura, sendo definido como o ponto de encontro de três retas (FIGURA 24). Outras atividades foram propostas como: fazer com que o robô realizasse um percurso para completar a parte simétrica de uma imagem.
Quarta Sessão	O robô deve localizar o ponto simétrico a sua posição no campo.

Fonte: Leitão (2010)

O pesquisador apontou que, durante as atividades, os estudantes fizeram uso das discussões em grupo, de estratégias de resoluções com tentativas de erros e acertos. Ele também notou o uso de conteúdos matemáticos, os quais foram buscados pelos estudantes nos robôs e nos cenários. Houve indícios de construção de conceitos e generalizações matemáticas, ao objetivarem compreender os movimentos do protótipo, raciocinando sobre as maneiras de funcionamento dos recursos disponíveis e expressando ou registrando métodos para resolver o desafio proposto, predominando a interação com o robô e com os objetos.

A pesquisa de Moraes (2010) investigou o uso da RE em busca da produção de conhecimentos matemáticos em uma escola em cuja grade curricular a RE existe como uma disciplina. No quadro 13, expomos o fichamento da sua pesquisa.

Quadro 15 - Fichamento do trabalho de Moraes (2010)

TEMA: DIFERENTES CONSTRUÇÕES					
Ano/ Série	8º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	C	Kit	Lego NXT
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas	Aportes teóricos	Construtivismo Piaget		
Conteúdos	Figuras geométricas; retas paralelas; rigidez do triângulo; equação do 1º grau.				
Questão de Pesquisa					
“Como a robótica pode auxiliar na compreensão de conceitos matemáticos que fazem parte do contexto escolar” (MORAES, 2010, p. 25).					
Propostas e Encaminhamentos					
Foram realizados três experimentos associando a robótica ao currículo.					
1º	Balança de dois pratos: com uso de peças do kit Lego os estudantes foram desafiados a construir uma balança e nesse contexto montar equações do 1º grau para exploração das peças contidas no kit				
2º	Robô girafa: nessa construção, foram exploradas figuras geométricas e ângulos e utilizados os componentes e peças do kit Lego, tais como peças de montagem, vigas, engrenagens e sensores.				
3º	Ponte Levadiça: a ideia foi construir uma ponte e explorar os conceitos de rigidez, flexibilidade, equilíbrio, tensão, compressão, alavancas e ângulos.				

Fonte: Moraes (2010).

A autora utilizou uma adaptação do método clínico de Piaget e, como resultado, apresentou algumas categorias observadas nas três atividades, sendo uma delas “Aprendizagens Matemáticas”, descrevendo que nessa categoria a Robótica, inserida no currículo escolar, potencializou a compreensão de conceitos matemáticos e instigou a curiosidade dos estudantes pela tecnologia. A segunda categoria levantada foi “Motivação” e a terceira foi “Socialização”.

Nascimento (2012), seguindo a visão teórica de Papert, relatou o estudo de um ambiente robótico para a exploração do conceito de Proporção com estudantes do Ensino Fundamental - Anos Finais. No Quadro 16, está o fichamento do seu trabalho.

Quadro 16 - Fichamento do trabalho de Nascimento (2012)

TEMA: ROBÔ DESENHISTA					
Ano/ Série	6º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	EC	Kit	Lego NXT
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas Investigação Matemática	Aportes teóricos	Construcionismo Papert		
Conteúdos	Razão e Proporção				
Questão de Pesquisa					
Quais aspetos relacionados à Razão e Proporção emergem durante o uso de um ambiente robótico, como um micromundo de aprendizagem de matemática? (NASCIMENTO, 2012, p. 18)					
Propostas e Encaminhamentos					
Proposta realizada em duas fases, para introduzir conceitos relacionados a razão e proporção.					
Fase 1	Descrição das atividades e design Micromundo				
Fase 2	Experimentação no ambiente da escola: Sessão 1: foram realizadas atividades em papel e lápis. Sessão 2: a montagem do protótipo robótico. Sessão 3: noções iniciais de programação. Sessão 4: programando o modelo para desenhos proporcionais.				

Fonte: Nascimento (2012).

Nascimento (2012) destacou em suas análises que os estudantes procuraram formalizar as operações matemáticas por eles utilizadas na programação do robô. No entanto, discorre que algumas características do ambiente robótico tenderam a imprecisões que acabaram ocultando os conceitos matemáticos.

Martins (2012) questionou em sua pesquisa se, ao utilizar a RE com o kit LEGO Mindstorms como recurso para o ensino de Matemática, os estudantes aprendem. A autora, por meio de um estudo de caso com 11 aulas, relatou nos diálogos, as dificuldades e aprendizagens conquistadas pelos estudantes. Foi construído um diário de bordo da professora e dos registros gráficos dos alunos,

acompanhado de fotografias e registros de vídeos. O quadro 17 traz o fichamento da pesquisa de Martins (2012).

Quadro 17 – Fichamento do trabalho de Martins (2012)

TEMA: CONTRUÇÃO DE MODELOS DE ROBÓTICOS CHAMADOS DE ROBÔ ESQUEITISTA, MACACO, GERADOR E UMA PONTE ROLANTE.					
Ano/ Série	7º e 8º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	C	Kit	Lego RCX
Tendência Metodológica	Resolução de problemas Investigação Matemática	Aportes teóricos	Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud		
Conteúdos	Simetria; noção de proporção; medidas; frações; multiplicação e divisão de números inteiros.				
Questão de Pesquisa					
“É possível utilizar a robótica educacional LEGO Mindstorms como recurso de ensino de Matemática nos anos finais do Ensino Fundamental? Como?” (MARTINS, 2012, p. 43).					
Propostas/Encaminhamentos					
Aula 1	Exploração do conceito de simetria por meio de atividades realizadas com lápis e papel. Depois desse momento, com o intuito de apresentar as peças do kit, foi proposto o uso do material de robótica para “relatar movimentos simétricos observados no cotidiano como assas de pássaros e borboletas, portas automáticas(…)” (MARTINS, 2012, p.52).				
Aula 2	Montagem do robô (com manual de montagem) esqueitista para trabalhar noção de proporção.				
Aula 3	Construção do robô macaco (com manual de montagem), para estudar medidas.				
Aula 4	Montagem de uma balança de pratos (com manual de montagem) para estudar fração, divisão e multiplicação.				
Aula 5	Montagem de um carro para ser automatizado (sem manual de montagem). Na sequência, fazer a programação de tal forma que ele se movimentasse para frente e para trás.				
Aula 6					
Aula 7	Tendo como temática a energia elétrica, nesta aula foi proposta a construção de um gerador (com manual de montagem).				
Aula 8	Montar um carro que acenda o farol e movimente as rodas (sem manual de montagem).				
Aula 9	Construir a ponte rolante (com manual de montagem) e aplicar os conceitos de multiplicação e divisão de números inteiros.				
Aula 10	Construir uma bicicleta (com manual de montagem).				
Aula 11	Montar, sem uso de manuais, um modelo que represente um prédio com no mínimo 3 andares.				

Fonte: Martins (2012).

Martins (2012) conclui que o ensino de Matemática com uso da RE é benéfico, mas, em contrapartida, afirmou que a utilização dos kits de robótica em suas aulas não garantiu a aprendizagem dos alunos. Destacou ainda que, por não terem familiaridade com os equipamentos, muitos apresentaram dificuldades em manusear os componentes do kit e também em interpretar as atividades propostas. Diante do exposto, a pesquisadora reforçou que “não existe uma fórmula ou recurso

que garanta a aprendizagem, a proposta desenvolvida mostrou-se enriquecedora tanto para os alunos quanto para a professora-pesquisadora” (MARTINS, 2012, p. 131).

Almeida Neto (2014) descreveu sua experiência com turmas do Ensino Fundamental - Anos Finais, abordando os conteúdos matemáticos vistos em sala de aula, a partir de montagens e programações dos robôs. O fichamento desta pesquisa está no Quadro 18.

Quadro 18 - Fichamento do trabalho de Almeida Neto (2014)

TEMA: DESCRITORES DO SAEB					
Ano/ Série	5º Ano EF – Ano Iniciais 6º ao 9º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	C EC	Kit	Lego RCX
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas	Aportes teóricos	Construcionismo de Papert		
Conteúdos	Área e perímetro; círculo e circunferência; localização/movimentação de objeto em mapas, grandezas, croquis e outras representações gráficas, entre outras contidas nos 15 descritores.				
Objetivo de Pesquisa					
“[...] mostrar que as montagens dos robôs, as diversas possibilidades de programação para cada uma dessas máquinas e as situações problemas colocadas para cada robô, em outras palavras, a utilização da robótica educativa, pode agir como instrumento capaz de fomentar e contribuir diretamente e de modo eficaz e prazeroso, para o desenvolvimento de competências e habilidades matemáticas. (ALMEIDA NETO, 2014, p. 8).					
Propostas/Encaminhamentos					
Nas atividades propostas e realizadas, o autor relacionou os conteúdos matemáticos com os descritores da matriz referencial da Prova Brasil de Matemática, destacando que usou 15 dos 37 descritores da Matriz de Referência do SAEB para Prova Brasil do 9º ano do Ensino Fundamental.					

FONTE: Almeida Neto (2012).

O autor pontuou que ficou surpreso com o entusiasmo dos estudantes nas aulas de R, e mencionou que as turmas demonstraram motivação em aprender o novo. Contudo, afirmou que “existem muitas competências e habilidades, as quais não estão nas Matrizes de Referência” (NETO, 2014, p. 76), justificando que isso pode ser vantajoso no contexto profissional.

O trabalho descrito por Gomes (2014) destacou uma pesquisa que foi aplicada em uma escola estadual para estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental Anos Finais. O Quadro 19 traz o fichamento deste trabalho.

Quadro 19 - Fichamento do trabalho de Gomes (2014)

TEMA: CAÇA AO TESOURO

Ano/ Série	8º Ano EF – Anos Finais	Modalidade	EC	Kit	Legó NXT
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas Jogo	Aportes teóricos	Construcionismo de Papert		
Conteúdos	Construção de figuras geométricas; ângulos; centro de simetria.				
Objetivo de Pesquisa					
Explorar, a partir da percepção dos estudantes, o desenvolvimento de atividades de ensino-aprendizagem de geometria plana no ensino fundamental II, utilizando-se como ferramenta o brinquedo Lego Mindstorms (GOMES, 2014, p. 13).					
Propostas/Encaminhamentos					
1º Momento	Os participantes receberam a sequência didática, em seguida tiveram um tempo para conhecer e Kit Mindstorm NXT, proporcionando um primeiro contato dos estudantes com montagem e programação do robô.				
2º Momento	No segundo momento, foi testado o sensor de luz em uma atividade denominada de Caça ao Tesouro. A ideia seria fazer com que o protótipo construído chegasse ao tesouro com o menor número de movimentações possíveis.				
3º Momento	Foi solicitado que os estudantes programassem o robô para fazer um triângulo equilátero. Na sequência os envolvidos reproduziram a atividade com uma escala oito vezes maior que o primeiro desenho				
4º Momento	No quarto e último momento da atividade, os estudantes realizaram um debate sobre a sequência didática.				

Fonte: Gomes (2014).

A pesquisadora relatou que o uso da RE pode apoiar diferentes formas de ensino e contribuir na formação diferenciada do estudante. Também destacou que enquanto os desafios propostos nas atividades estavam mais simples de serem solucionados, a maioria dos estudantes estava envolvida e participando, mas quando as atividades foram se mostrando mais trabalhosas, eles começaram a se dispersar. Nesse contexto, a autora observou que, “ao se depararem com uma atividade que necessitava de mais atenção e raciocínio os alunos desanimaram em continuar estudando” (GOMES, 2014, p. 63).

A dissertação de Rodarte (2014) investigou a aplicabilidade da RE como instrumento de aprendizagem dos conteúdos matemáticos, especificamente, ângulos e geometria plana, em uma turma do 7º ano do Ensino Fundamental, realizado a partir de um projeto didático. O fichamento deste trabalho está apresentado no Quadro 20.

Quadro 20 - Fichamento do trabalho de Rodarte (2014)

TEMA: DESCRITORES DO SAEB					
Ano/ Série	7º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	C	Kit	Simulador Grubibots
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas	Aportes teóricos	Construcionismo de Papert		
Conteúdos	Ângulos e Geometria Plana.				

Questão de Pesquisa	
“A utilização da robótica educacional pode auxiliar o professor no ensino da Matemática? A robótica educacional efetivamente auxilia no aumento do interesse e na quebra de resistência dos estudantes da educação básica em relação à matemática?” (RODARTE, 2014, p. 11).	
Propostas/Encaminhamentos	
1ª Etapa	Levantamento bibliográfico para planejar as atividades pela pesquisadora.
2ª Etapa	Uma estudante de iniciação científica da escola, a professora de Matemática e a pesquisadora elaboraram as atividades que poderiam ser resolvidas com o uso da RE. As atividades foram formuladas tendo como base a região que a escola está localizada (rua, comércio e todas as características possíveis) para contextualizar na realidade dos estudantes.
3ª Etapa	As atividades foram aplicadas na escola durante as aulas de matemática com o auxílio da estudante de iniciação científica. O início se deu com a apresentação <i>software</i> Grubibots ²⁹ , depois foram explicados os conteúdos matemáticos e, depois, a resolução de problemas envolvendo geometria plana, por meio de simulações.

FONTE: Rodarte (2014).

Segundo a pesquisadora, a professora relatou a importância desse formato de atividades, destacando que os estudantes demonstraram mais interesse pelas aulas e que “foi mais fácil utilizar a ferramenta para ensinar geometria e ângulos” Rodarte (2014) concluiu que as atividades executadas no decorrer do projeto possibilitaram aos estudantes momentos de interação do conteúdo além da sala de aula. Enfatizou ainda que o uso da RE auxiliou “na interpretação de problemas” e que as atividades foram contextualizadas com as características do bairro onde a escola está localizada.

Oliveira (2015) apresentou um estudo referente o uso da RE no âmbito da Educação Matemática, como tecnologia que pode contribuir no desenvolvimento do raciocínio proporcional. O fichamento desta pesquisa está no Quadro 21.

Quadro 21 - Fichamento do trabalho de Oliveira (2015)

TEMA: A JARRA DE LIMONADA					
Ano/ Série	8º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	EC	Kit	Linha PROFI e Computing
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas	Aportes teóricos	Teoria da Relação do saber de Charlot		
Conteúdos	Geometria e Raciocínio Proporcional.				
Questão de Pesquisa					
“Como se dá a relação de alunos do 8º ano do Ensino Fundamental com a Robótica Educacional e o raciocínio proporcional?” (OLIVEIRA, 2015, p. 19).					

²⁹Programa de RE, criado pelo departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Propostas/Encaminhamentos	
1ª ETAPA	Coleta de dados: questionário e redação.
2ª ETAPA	<p style="text-align: center;">PARTE 1</p> Proposta Didática (Atividade 1 – Geometria) – Atividade prática com uso de robôs programáveis pelo aplicativo de celular TXdroid e transmitido via <i>bluetooth</i> . <p style="text-align: center;">PARTE 2</p> Proposta Didática (Atividade 1, 2 e 3 – Raciocínio Proporcional) - Nas três atividades, o objetivo foi o de identificar o uso de: “relações multiplicativas, seleção de razões equivalentes; comparação de razões, uso de escalas com tabelas de razão, atividades de construção e de medidas” (OLIVEIRA, 2015, p. 85)
3ª ETAPA	Foi realizado um questionário final que buscou investigar a visão dos estudantes sobre a Matemática que estava presente no RE enquanto recurso.

Fonte: Oliveira (2015).

O autor pontou que a proposta didática elaborada e aplicada se revelou como uma possibilidade de trabalhar os conteúdos matemáticos, nesse caso, o raciocínio proporcional. E, ainda, apontou que, à luz da Teoria da Relação com o Saber, os saberes advindos da utilização da RE podem possibilitar uma relação de inclusão com a sociedade e a TD (OLIVEIRA, 2015).

A utilização da RE, segundo Oliveira (2015), revelou que os saberes advindos dessa ferramenta tecnológica proporcionam uma ampliação do sentir-se cidadão, uma vez que, ao realizar as práticas envolvendo recursos tecnológicos, os estudantes sentem-se cidadãos inseridos na sociedade, possibilitando-lhes a inclusão sócio digital e o desenvolvimento do conhecimento matemático.

Martins e Fernandes (2015) descreveram um projeto aplicado com alunos do Ensino Fundamental - Anos Iniciais, nomeado de projeto DROIDE II - Robots em Educação Matemática e Informática. Nesta perspectiva, os autores utilizam como fundamentação teórica Lave e Wenger (1991), que trazem a ideia de que aprender está diretamente ligado à participação em práticas sociais. No Quadro 22 está descrito o fichamento da pesquisa.

Quadro 22 - Fichamento do trabalho de Martins e Fernandes (2015)

TEMA: CONCEITOS MATEMÁTICOS EM UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR					
Ano/ Série	3º e 4º Ano EF – Ano Iniciais	Modalidade	EC	Kit	Lego RCX e NXT
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas Investigação Matemática	Aportes teóricos	Teoria Social de Aprendizagem		
Conteúdos	Posicionamento de retas no plano.				
Objetivo/ Questão de Pesquisa					
“Compreender como é que o uso de robôs contribui para o desenvolvimento de competências matemáticas e para a aprendizagem de conceitos matemáticos nos alunos do 1.º Ciclo do Ensino					

Básico (CEB)” (MARTINS; FERNANDES, 2015, p. 3).
Propostas/Encaminhamentos
A proposta foi composta com história colaborativa entre os grupos de trabalho e também com o uso da programação em blocos para elaboração de códigos para movimentar os robôs. A atividade foi realizada em duas turmas e teve como objetivo principal a criação de um cenário de aprendizagem. O cenário foi composto por uma maquete que foi construída no chão com tiras de cartolina pela professora e estudantes, com o intuito de realizar trajetórias com os robôs.

Fonte: Oliveira (2015).

No artigo, as autoras descrevem que o projeto de trabalhar com a RE de forma interdisciplinar já existe há algum tempo na escola. Mas não deixaram claro como foi realizada a programação, pois o foco está no cenário criado onde os robôs transitarão. Como resultado, as autoras relataram que os estudantes do 3º ano conseguiram compreender bem esse conceito, e os alunos do 4º ano expandiram as noções que já tinham sobre o posicionamento de retas no plano.

Rodrigues (2015), por sua vez, descreveu a implementação e análise de uma sequência didática envolvendo a RE e o Ensino de Matemática. O fichamento deste estudo está apresentado no Quadro 23.

Quadro 23 - fichamento do trabalho de Rodrigues (2015)

TEMA: CALCULADORA DE FRAÇÕES, MÁQUINA DA SORTE E BUGGY					
Ano/ Série	6º e 9º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	EC	Kit	Lego NXT
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas Modelagem Matemática	Aportes teóricos	Construcionismo de Papert		
Conteúdos	Frações; Análise Combinatória; Probabilidade e Funções				
Objetivo/ Questão de Pesquisa					
“Elaborar, implementar e analisar uma sequência didática envolvendo robótica educacional e matemática (com enfoque aos números racionais)” (RODRIGUES, 2015, p. 7).					
Propostas/Encaminhamentos					
Atividade 1	Calculadora de frações para o 6º ano: os estudantes montaram a calculadora com o auxílio de um manual, depois utilizaram um código de programação pronto, que foi explicado pelo professor e na sequência manipularam o modelo.				
Atividade 2	Buggy para o 7º ano: confecção de robô e explorar as potências dos motores.				
Atividade 3	Máquina da sorte para 8º ano: introduzir e conceituar o princípio fundamental da contagem, resgatar o conceito de razão, interpretar razão e proporção e introduzir o conceito de probabilidade.				
Atividade 4	Buggy para o 9º ano: teve como proposta conceituar funções através de fatos do cotidiano, prever fenômenos de comportamento linear, relacionar espaço e tempo com o objetivo de introduzir a Física e seus objetos de estudo, modelar situações-problema por meio de equações e sistemas de equações do primeiro grau, revisar fração e proporção e interpretar, converter e realizar operações com unidades de medidas.				

Fonte: Rodrigues (2015).

Rodrigues (2015, p. 82) observou que “a teoria e a prática, apesar de estarem interligadas, exigem observações e análises mais detalhadas dos

problemas reais”. O pesquisador concluiu que, ao trabalhar com kits de RE, notou um envolvimento e um entusiasmo maior por parte dos estudantes em relação a outras atividades já aplicadas.

No Quadro 24, expomos o fichamento do trabalho do Wildner (2015), que relatou uma investigação sobre a utilização da RE como um recurso para a aprendizagem de geometria plana. O estudo foi realizado em uma escola privada, tendo com participantes vinte e sete estudantes.

Quadro 24 - Fichamento do trabalho de Wildner (2015)

TEMA: ÁREA E PERÍMETRO DE FIGURAS REGULARES E IRREGULARES					
Ano/ Série	9º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	EC	Kit	Placa Arduino
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas	Aportes teóricos	Aprendizagem significativa – Ausubel		
Conteúdos	Geometria Plana: área e perímetro				
Questão de Pesquisa					
“Quais as contribuições da robótica para a aprendizagem significativa de conceitos da geometria plana no 9º Ano do Ensino Fundamental?” (WILDNER, 2015, p. 16)					
Propostas/Encaminhamentos					
Foram realizadas 14 aulas que abordaram a conceitos matemáticos de geometria plana, mais especificamente, os conceitos de área e perímetro de figuras planas. Também foi proposta a montagem de um modelo robótico e programação com o uso do software S4A. para desenhar figuras geométricas em malhas quadriculadas.					

Fonte: Wildner (2015).

Wildner (2015) destacou que a RE “deveria ser utilizada em “todas as escolas, pois proporciona ao estudante uma nova forma de aprender”, nesse caso o aprendizado voltado para o Ensino de Matemática.

Na dissertação de Santos (2016), foi abordada uma proposta de uso das Relações Métricas do Triângulo Retângulo, integrando o uso deste conceito com a RE. No Quadro 25, está apresentado o fichamento da pesquisa.

Quadro 25 - Fichamento do trabalho de Santos (2016)

TEMA: AMAZÔNIA					
Ano/ Série	9º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	EC	Kit	Lego EV3
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas	Aportes teóricos	Construcionismo Papert		
Conteúdos	Relações Métricas do Triângulo Retângulo				
Questão de Pesquisa					

“Um planejamento de ensino que prima pela inserção de Robótica Educacional pode melhorar a aprendizagem das Relações Métricas do triângulo retângulo, no que diz respeito à capacidade de visualização e aplicação de propriedades das figuras geométricas e o desenvolvimento do raciocínio dedutivo por estudantes no ensino fundamental do 9º ano?” (SANTOS, 2016, p. 17).	
Propostas/Encaminhamentos	
Módulo 1	Pecuária Amazônica – Depois de montar o robô seguindo um manual de montagem, o estudante teria de solucionar alguns desafios em um circuito trabalhando os conteúdos: segmento de retas, figuras geométricas planas, triângulos e semelhança de triângulos;
Módulo 2	A Harpia da Amazônia – Realização de uma montagem pré-estabelecida e na sequência solucionar alguns problemas com uso da programação.
Módulo 3	O Serpentário – Utilizar o teorema de Pitágoras para solucionar alguns problemas.

Fonte: Santos (2016).

A autora observou que os estudantes demonstraram dificuldades na manipulação dos protótipos. A respeito dos conteúdos matemáticos abordados, Santos (2016, p. 106) destacou que, foi dada “ênfase para à contextualização dos problemas, presentes nos problemas-temas no intuito de aproximar os estudantes da disciplina”, não levando em consideração uma estratégia para o ensino de conceitos voltados às operações de matemática básica. Como resultado, revelou uma melhoria na aprendizagem dos estudantes, apontando que os dados foram alcançados no desenvolvimento da “visualização e aplicação das propriedades das figuras geométricas e desenvolvimento do raciocínio dedutivo para a elaboração de cálculos visando a correta resolução dos problemas propostos” (SANTOS, 2016, p. 108)

No Quadro 26, apresentamos o fichamento do trabalho de Casagrande (2017) que relatou o uso de uma sequência de atividades desenvolvidas e aplicadas em sete etapas.

Quadro 26 - Fichamento do trabalho de Casagrande (2017)

TEMA: LANÇAMENTO DE UM PROTÓTIPO					
Ano/ Série	1ª Série Ensino Médio	Modalidade	EC	Kit	Placa Arduíno
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas Investigação Matemática	Aportes teóricos	Construcionismo (Papert) Construtivismo (Piaget)		
Conteúdos	Função do 2º grau.				
Questão de Pesquisa					
“De que maneira uma sequência didática apoiada em diferentes recursos tecnológicos contribui para a compreensão dos conceitos da função polinomial do 2º grau?” (CASAGRANDE, 2017, p 46).					
Propostas/Encaminhamentos					

1ª Etapa	Consistiu em um questionário a ser respondido pelos estudantes, que versava sobre algumas questões referentes ao estudo das aplicações da função do 2º grau e sobre a fórmula de Bháskara. Tal questionário tinha como objetivo identificar o que os estudantes lembravam sobre a função do 2º grau
2ª Etapa	Os estudantes foram encaminhados para o laboratório de informática com a proposta de que realizassem uma pesquisa sobre conceitos físicos e matemáticos, como por exemplo, o conceito de função, de grandeza e lei gravitacional.
3ª Etapa	Foi realizado o lançamento do Recurso Tecnológico, que tratava de um objeto montado com a placa Arduino, a fim de medir a altitude em diferentes momentos do lançamento de um artefato. Para tal, foi utilizado um sensor que capta dados a cada 100 m/s e repassa ao Arduino
4ª Etapa	Os estudantes receberam os dados relativos à altura do Recurso Tecnológico e o tempo do percurso fornecido pelo sensor, para que construíssem um gráfico, em papel quadriculado, representando as grandezas Altura em relação ao Tempo.
5ª Etapa	Os assuntos abordados em relação à Física estavam na quinta etapa do processo. Os estudantes receberam um questionário a respeito de conceitos físicos; sobre como poderiam calcular a velocidade e a aceleração do Recurso Tecnológico e qual o motivo que leva os objetos a caírem. Na sequência, foi solicitado que os alunos construíssem o gráfico da velocidade e da aceleração do Recurso Tecnológico e interpretassem algumas questões.
6ª Etapa	Foi realizada no laboratório de informática, com a utilização de uma planilha eletrônica (Calc do LibreOffice). Os estudantes construíram os gráficos referentes ao experimento.
7ª Etapa	Foi aplicada uma avaliação sobre a atividade.

Fonte: Casagrande (2017).

A pesquisa concluiu que uso de diferentes tecnologias favorece o trabalho pedagógico no sentido de fortalecer e atender as particularidades de uma formação voltada para a sociedade, considerando que as pessoas sejam capazes de tomar decisões, de desenvolver a autonomia, de buscar soluções frente a situações-problema, de lidar com a vasta gama de conhecimentos, por fim, de se adequar a esta sociedade em constante mutação (CASAGRANDE, 2017). Além disso, concluiu que a RE pode ser usada para contextualizar e promover experiências práticas em relação ao conteúdo. O autor reforçou que as atividades foram bem aceitas pelos estudantes, que relataram serem atividades criativas, diferentes e participativas.

Oliveira (2017) descreve algumas atividades que foram aplicadas nas turmas do 1º ano do Ensino Médio, com a proposta de ensinar Funções do 1º grau. O autor apresenta estas atividades no formato de um manual, apresentando como produto educacional. No Quadro 27, está descrito o fichamento da dissertação.

Quadro 27 - Fichamento do trabalho de Oliveira (2017)

TEMA: EMPILHADEIRA					
Ano/ Série	1ª Série do Ensino Médio	Modalidade	EC	Kit	BRINK MOBIL

Tendência Metodológica	Resolução de Problemas	Aportes teóricos	Construcionismo (Papert)
Conteúdos	Função do 1º grau		
Questão de Pesquisa			
“Será que a tecnologia associada à robótica poderá despertar/motivar esses alunos a quererem aprender mais matemática? Se a resposta for sim, como essa ferramenta tecnológica poderia contribuir com o ensino de funções?” (OLIVEIRA, 2017, p. 22).			
Propostas/Encaminhamentos			
Atividade 1	Criar código (no formato de fluxograma) para que o protótipo se desloque por 4 segundos em linha reta; em seguida, usar uma trena graduada em metros, verifique qual a distância percorrida pelo protótipo e faça o mesmo para o protótipo fazer um trajeto de 6 segundos.		
Atividade 2	Construir a programação para que a empilhadeira se desloque por 2 metros em linha reta, e outra para que a empilhadeira faça um trajeto de volta ao ponto de partida.		
Atividade 3	Elaborar uma programação para que a empilhadeira faça um trajeto por 4s, 6s, 12s e 17s em linha reta; na sequência, com o uso de uma trena graduada em metros, verificar qual foi distância percorrida pela empilhadeira.		
Atividade 4	Fazer uma programação para o protótipo de deslocar uma distância de 4 metros em linha reta, depois disso levantar a paleta, girar 180° e retornar ao ponto inicial.		

Fonte: Oliveira (2017).

O autor destacou em seu estudo três características percebidas durante as atividades: a “aprendizagem dos conteúdos”, a “motivação” e a “socialização”. Ainda concluiu que a RE se mostrou uma importante ferramenta de auxílio pedagógico nas aulas de Matemática, relatando que “os alunos autodeclararam ter aprendido o conteúdo de funções” (OLIVEIRA, 2017, p. 53).

A dissertação de Armão (2018) propôs a utilização da RE como ferramenta metodológica para o estudo do número irracional π na aula de Matemática. A proposta foi alinhada com BNCC e teve como público estudantes do Ensino Fundamental - Anos Finais de uma escola particular. No Quadro 28 está o fichamento da pesquisa.

Quadro 28 - Fichamento do trabalho de Armão (2018)

TEMA: DESCOBRINDO O π					
Ano/ Série	7º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	EC	Kit	Lego EV3
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas	Aportes teóricos	Construcionismo (Papert)		
Conteúdos	Número irracional π .				
Objetivo					
Um dos objetivos apresentados por Armão (2018, p. 14) foi: “Propor sugestão do estudo da circunferência, por meio da elaboração de planos de aula baseados na nova Base Nacional Comum Curricular”.					
Propostas/Encaminhamentos					

Plano de aula A	O autor colocou como objetivo definir a circunferência como lugar geométrico e compor seus principais elementos, diferenciando-a do círculo. Além disso, construir circunferências por meio do uso do compasso e utilizá-las para fazer pequenas composições artísticas.
Plano de aula B	Utilizou a robótica como uma ferramenta auxiliar no processo de ensino, aplicando os conceitos de circunferência em uma atividade prática, contextualizada e colocando o estudante como protagonista do aprendizado.
Plano de aula C	Apresentou como objetivo principal exercitar o conteúdo por meio da realização de um desafio envolvendo a robótica, buscando a aplicação dos conceitos abordados na sala de aula.
Plano de aula D	O Autor descreveu que, a partir das atividades executadas nos planos A B e C, aula foi encaminhada com a explicação teórica em relação à temática, abordando o comprimento da circunferência e sua relação com o diâmetro, relacionando as novas explicações ao que foi realizado nas aulas envolvendo a RE.

Fonte: Armão (2018).

Armão (2018) relatou o empenho e dedicação dos estudantes na participação das atividades propostas. Destacou que nem todos os estudantes atingiram os resultados com a realização dos exercícios, porém considerou que o trabalho tenha atingido resultados satisfatórios quanto às atividades elaboradas e aplicadas. Ainda conclui que o que chamou sua atenção foi “o fato de os estudantes conseguirem dominar a técnica de resolução de exercícios, mas não conseguirem dominar o conceito matemático básico que o exercício abrange” (ARMÃO, 2018, p. 96).

No Quadro 29, está apresentado o fichamento da pesquisa de Galvão (2018), que propôs um experimento a partir do uso da RE para o Ensino da Matemática, relatando a importância da tecnologia e sua contribuição para educação.

Quadro 29 - Fichamento do trabalho de Galvão (2018)

TEMA: DIFERENTES PROPOSTAS					
Ano/ Série	7º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	EC	Kit	Placa Arduíno
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas	Aportes teóricos	Teoria da Atividade Vygotsky		
Conteúdos	Sistema numérico; Plano Cartesiano; Triângulo retângulo; Teorema de Pitágoras e Teorema de Tales.				
Objetivo/ Questão de Pesquisa					
“Como o uso de Robótica Educacional, no ensino dos conteúdos de Matemática, pode contribuir para o aprendizado de uma turma de 7º ano de ensino fundamental de uma escola municipal de Santarém – PA através de uma experimentação de ensino?” (GALVÃO, 2018, p. 13).					
Propostas/Encaminhamentos					

Módulo I	Segundo a pesquisadora, a ideia desse módulo foi oportunizar uma experiência de conhecimento do kit do Arduino e também construir códigos iniciais da programação da placa, pois seria um requisito para os demais módulos.
Módulo II	Foram propostas atividades práticas com uso da RE com foco nos conteúdos matemáticos sobre razão e proporção, grandezas de espaço e tempo. As atividades desenvolvidas foram: calculadora simples, sistema numérico e montagem de um protótipo (carro).
Módulo III	A autora relatou que, neste módulo, foi utilizado o protótipo (carro) montado com o kit Arduino para resolver situações – problema que envolvam o uso do Teorema de Pitágoras para encontrar valores no triângulo retângulo. Também foi descrito o uso do Teorema de Tales, com o uso do carro robótico, este utilizado para fazer trajetos por linhas transversais.

Fonte: Galvão (2018).

A pesquisadora descreveu o desenvolvimento de um conjunto de atividades com experimentações de RE, realizadas no laboratório de informática. Como resultado, enfatizou que “o uso da Robótica educacional, na prática pedagógica, resultou na participação, desenvolvimento do pensamento crítico, aprendizado de seu estudante e a interdisciplinaridade entre a matemática e Robótica educacional” (GALVÃO, 2018, p. 4). No entanto, ela relata algumas limitações para a execução das atividades como o desconhecimento da plataforma Arduino; a aplicação da RE e as ferramentas tecnológicas para a disciplina tanto pelo professor de Matemática quanto pela professora de Informática. Isso demandou tempo para que os professores compreendessem a aplicação da robótica (GALVÃO, 2018).

Em sua pesquisa, Maffi (2018) realizou uma entrevista com os estudantes que fazem parte de um projeto de RE. No Quadro 30, está apresentado o fichamento da pesquisa.

Quadro 30 - Fichamento do trabalho de Maffi (2018)

TEMA: PERCEPÇÃO DOS ESTUDANDES SOBRE OS CONCEITOS MATEMÁTICOS REVELADOS NAS AULAS COM USO DA RE					
Ano/ Série	8º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	EC	Kit	Lego EV3
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas	Aportes teóricos	Construcionismo (Papert)		
Conteúdos	Cálculo de distância; ângulo e figuras geométricas.				
Objetivo/ Questão de Pesquisa					
“Quais as repercussões da integração da robótica educacional nos processos de ensino e aprendizagem de Matemática?” (MAFFI, 2018, p. 11).					
Propostas/Encaminhamentos					
Conectar	Realizada uma conexão dos conhecimentos prévios dos estudantes.				
Construir	Momento em que os estudantes realizam a construção do protótipo.				
Analisar	Verificar o funcionamento do protótipo testando a programação				
Continuar	A partir de situações-problemas explorar conceitos trabalhados nas aulas.				

Fonte: Maffi (2018).

Maffi (2018) apontou que a aplicação das atividades revelou três categorias e subcategorias. A problematização enfatizou a importância do uso da resolução de problemas. Já a subcategoria apresentada que se faz relevante para esta pesquisa foi denominada de evidências da aprendizagem de conceitos matemáticos. A pesquisadora destacou que “o essencial das atividades de robótica não está no produto final – o robô, mas sim nas aprendizagens oportunizadas durante o processo de pesquisa, de todo o movimento realizado para resolver os problemas propostos” (MAFFI, 2018, p. 86).

Em relação à articulação de conhecimentos matemáticos com a robótica, Maffi (2018, p. 92) enfatizou que os estudantes têm a “oportunidade de deduzir propriedades, levantar hipóteses e verificá-las, descobrir padrões e regularidades, entre outras habilidades que são importantes de serem desenvolvidas no Ensino Fundamental”.

Em sua pesquisa, Aragão (2019) relatou o uso de um grupo de atividades inseridas no contexto da RE na área da Matemática com o foco principal de propiciar a construção de conceitos. O fichamento do trabalho está apresentado no Quadro 31:

Quadro 31 - Fichamento do Trabalho de Aragão (2018)

TEMA: CONTEXTUALIZANDO COM A RE					
Ano/ Série	8º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	EC	Kit	RCX
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas Investigação Matemática	Aportes teóricos	Aprendizagem Significativa Ausubel (1980)		
Conteúdos	Número irracional π , razão e proporção, função afim.				
Objetivo/ Questão de Pesquisa					
“A proposta de utilização da RE como estratégia de ensino permite a assimilação de conceitos matemáticos dos alunos do ensino fundamental anos finais de forma a torná-los significativos?” (ARAGÃO, 2019, p. 25).					
Propostas/Encaminhamentos					
Ao todo foram realizadas 16 aulas: Iniciando com um pré-teste, organização das equipes e construção dos protótipos, intervenções pedagógicas, explorando as bicicletas e seus sistemas de engrenagens, trabalhando com grandezas diretamente e inversamente proporcionais, engrenagens, diagnóstico de concepções dos estudantes sobre os conceitos matemáticos construídos, competição entre equipes, gincana e pós teste.					

Fonte: Aragão (2018).

Aragão (2019) discorreu que os conceitos de regra de três direta e inversamente proporcional, das velocidades instantâneas e médias e suas

representações gráficas, ficaram mais evidentes e tornaram-se temas das discussões. Também ressaltou que, ao construírem o conceito da função afim crescente e decrescente, foi possível trabalhar com resolução de problemas relacionados à corrida de táxi, entre outras questões. No registro estudado dessa pesquisa não foi possível identificar detalhes sobre a programação realizada para movimentação dos protótipos.

Barbosa (2019) descreve um dos momentos de um projeto de robótica realizado em uma escola. No Quadro 32 apresentamos o fichamento da pesquisa.

Quadro 32 - Fichamento do trabalho de Barbosa (2019)

TEMA: CUBO DE RUBIK					
Ano/ Série	6º ao 9º Ano EF – Ano Finais	Modalidade	EC	Kit	EV3
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas Jogos	Aportes teóricos	Construcionismo (Papert)		
Conteúdos	Noções de geometria espacial e raciocínio lógico matemático.				
Objetivo/ Questão de Pesquisa					
“Quais as contribuições para a educação matemática e tecnológica e as limitações existentes em um processo construtivo de investigação, utilizando o cubo de Rubik no contexto de uma escola pública?” (BARBOSA, 2019, p. 20).					
Propostas/Encaminhamentos					
Cenário 1 – Noções matemática.		Inicialmente, foram aplicados alguns exercícios que, de alguma forma, poderiam associar os conceitos matemáticos e o cubo de Rubik.			
Cenário 2 – Aprofundando no aprendizado do cubo de Rubik com uso da RE		Foi construído protótipo com o auxílio de uma apostila e também a programação deste modelo robótico para realizar a montagem do cubo.			
Cenário 3 – Aprendendo a resolver o cubo de Rubik		Explorando como pode ser realizada a montagem.			

Fonte: Barbosa (2019).

Segundo o pesquisador, no momento da programação, foi possível identificar um problema de conhecimento técnico por parte do professor a respeito do processo de criação de uma programação mais avançada, dificultando transpor a lógica de resolução do cubo, tal como a dificuldade em interpretar e transmitir em uma linguagem mais clara essas informações aos estudantes. No entanto, evidenciou que nos blocos de programação foi identificado o uso de raciocínio lógico matemático. Barbosa (2019, p. 78) também evidenciou que a proposta de usar os conceitos matemáticos atrelados ao cubo de Rubik pode ser explorado no contexto escolar e assim, “as aprendizagens do cubo podem ser utilizadas para entender um

problema, bem como ajudar na solução. Principalmente problemas que usem conceitos de rotação, translação, área, volume”.

Rüdell (2019) apresentou, em sua dissertação, aspectos sobre o uso da RE na compreensão de conhecimentos matemáticos, em especial alguns elementos da geometria euclidiana plana, tais como triângulos e quadriláteros. Para isso, buscou subsídios nas áreas STEM (do inglês, Science, Technology, Engineering and Mathematics) e utilizou a teoria de Seymour Papert (construcionismo), enfatizando que o aprendizado se dá através da interação do aluno com objetos, neste caso com dispositivos eletrônicos programáveis. No Quadro 33 está descrito o fichamento da pesquisa.

Quadro 33 - Fichamento do trabalho de Rüdell (2019)

TEMA: REPRESENTAÇÕES DE FIGURAS GEOMÉTRICAS						
Ano/ Série	7º Ano EF – Ano Finais		Modalidade	C	Kit	Atto
Tendência Metodológica	Resolução de Problemas Jogos		Aportes teóricos	Construcionismo de Papert		
Conteúdos	Geometria Plana					
Objetivo/ Questão de Pesquisa						
“Como a Robótica Educativa pode ser usada na compreensão de conhecimentos matemáticos, em especial alguns elementos da geometria euclidiana plana, tais como triângulos e quadriláteros?” (RÜDELL, 2019, p. 17).						
Propostas/Encaminhamentos						
1º Encontro	A ideia principal foi explorar a lógica de programação, isso ocorreu com a realização de atividades de programação disponibilizadas no <i>site</i> Hora do Código.					
2º Encontro	Apresentação do kit para os estudantes conhecerem e começarem a se familiarizarem.					
3º Encontro	Construção e programação de um robô para testagem dos estudantes.					
4º Encontro	Programação de representação de figuras geométricas					
5º Encontro	Tendo como base os conhecimentos adquiridos nas outras atividades, foi organizada uma competição e cada grupo tinha que realizar um desafio sorteado pela professora.					

Fonte: Rüdell (2019).

A autora concluiu que o uso de tecnologias como recurso didático auxilia na construção/assimilação de conhecimentos, visto que os estudantes demonstraram: interesse pelas atividades propostas e entusiasmo pelos exemplos de aplicação e construção do protótipo robótico, sentindo-se desafiados a cada atividade. Também ressaltou que RE pode preparar os estudantes para o futuro, tendo em vista que a sociedade, de modo geral, está cada vez mais tecnológica e dominar as tecnologias seria um diferencial (RÜDELL, 2019).

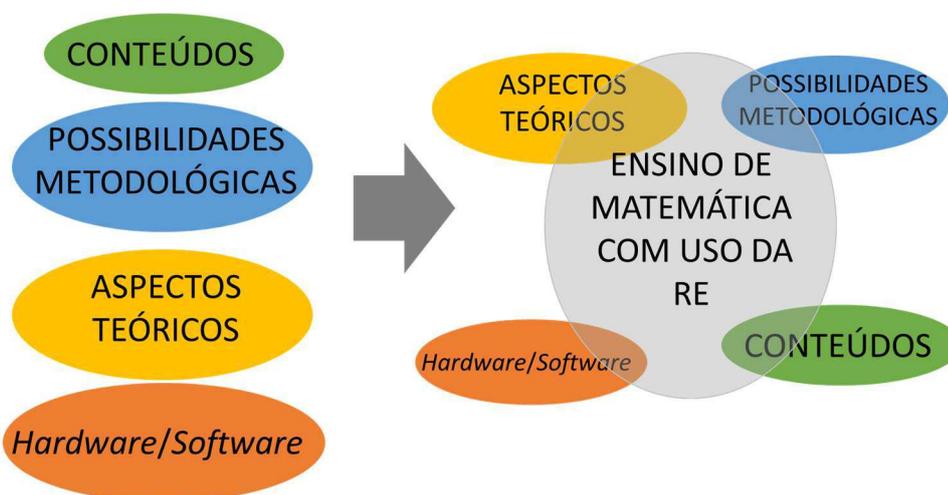
Além disso, por se tratar de um mestrado profissional, Rüdell (2019) elaborou um produto educacional no formato de sequência didática direcionada a professores. Tal produto apresentou uma possibilidade de uso da RE como recurso em aulas de Matemática, especificamente na assimilação dos conteúdos de triângulos e quadriláteros.

Com o exposto, finalizamos todas as fases do MS. Partimos, na sequência, para uma retomada dos resultados por meio de uma meta-análise

5. META-ANÁLISE QUALITATIVA DOS RESULTADOS ENCONTRADOS NO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Seguindo a proposta de Cassol (2012), utilizamos a estratégia de verificar os fichamentos dos trabalhos e os dados evidenciados no MS. Para isso, identificamos, no portfólio bibliográfico, os aspectos principais que poderiam ter relações com o Ensino de Matemática. Na Figura 14 destacamos quatro aspectos, que se fizeram relevantes na pesquisa para averiguar como as atividades descritas no portfólio apresentam os conceitos matemáticos.

Figura 14 – Categorias de análise relacionadas ao ensino de conceitos matemáticos evidenciados nos trabalhos



Fonte: A Autora (2020).

Apresentamos uma síntese reflexiva dos resultados obtidos pelos fichamentos realizados no MS. Para tanto, utilizamos a meta-análise qualitativa, analisando os conteúdos matemáticos, possibilidade metodológicas do Ensino de Matemática, os aspectos teóricos e os softwares e hardware utilizados com uso da RE. Estas quatro categorias se mostraram relevantes para averiguar as possíveis relações entre matemática e RE e foram estabelecidas após análise dos fichamentos dos trabalhos.

As questões de pesquisa ou objetivos apresentados nos trabalhos nos possibilitaram a identificação de um panorama geral sobre a intenção de pesquisa dos autores. Nestes pontos das pesquisas, os autores deixam claro o que pretendem produzir como resultado.

A respeito do foco dos estudos em relação às propostas de pesquisas apresentadas pelos autores, reconhecemos nas perguntas o que eles pretendiam abordar em seus estudos. Ressaltamos que em algumas pesquisas não foi possível identificar a pergunta norteadora, então foi verificado o seu objetivo. No Quadro 34 estão apresentados os autores e os respectivos focos das suas pesquisas.

Quadro 34 – Comparação das questões e objetivos da pesquisa

Foco das perguntas ou objetivos	Autores
Os autores buscaram entender e identificar as possibilidades do uso da RE processo de ensino ou de aprendizagem de conceitos matemáticos.	Fagundes et al. (2005); Furletti (2010); Leitão (2010); Maliuk (2010); Moraes (2010); Martins (2010); Almeida Neto (2014); Rodarte (2014); Martins e Fernandes (2015); Armão (2018); Galvão (2018); Aração (2019) e Barbosa (2019).
Apresentava um conteúdo específico descrito que seria explorado nas atividades.	Aciolli (2005); Nascimento (2012); Gomes (2014); Oliveira (2015); Rodrigues (2015); Wildner (2015); Santos (2016); Casagrande (2017); Oliveira (2017) e Rüdell (2019).

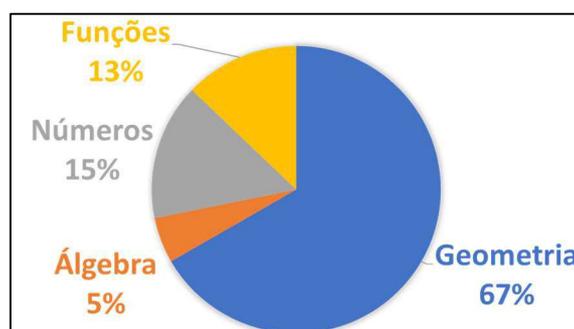
FONTE: A Autora (2020).

Em síntese, entre as perguntas e objetivos de pesquisa, verificou-se que alguns dos trabalhos buscavam entender como o uso da RE pode auxiliar no processo de ensino de conceitos matemáticos. Por outro lado, outros autores apontaram nas perguntas e objetivos o conteúdo específico que seria abordado durante suas pesquisas. Como exemplo, temos a questão de pesquisa de Oliveira (2017), que buscou entender como RE poderia contribuir para o ensino de Funções, ou ainda, a dissertação de Rüdell (2019) que mencionou a geometria euclidiana plana objetivando responder como a RE poderia ser usada na compreensão de determinados conceitos.

Constatou-se que onze pesquisas se preocuparam em apresentar previamente os conteúdos que seriam abordados. As demais ampliaram os estudos em busca de averiguar quais os conceitos matemáticos poderiam ser revelados em atividades que utilizam a RE enquanto recurso tecnológico. Ou seja, a RE tem sido utilizada mais em investigações sobre qual a matemática que se apresenta, do que com uma matemática que seja tema gerador.

Outra análise que podemos fazer é sobre os conteúdos que se fazem presentes com o uso da RE, visando perceber qual a matemática que está presente nas pesquisas. No Gráfico 5 estão apresentados os conteúdos que foram abordados nas pesquisas.

Gráfico 5 – Conteúdos matemáticos identificados nos trabalhos



Fonte: A Autora (2020).

Os conteúdos mais apresentados pelos autores estavam relacionados a geometria. Eles ficaram evidentes em algumas atividades como nos trabalhos de Accioli (2005), Leitão (2010), Martins (2012) e Gomes (2014) que trabalharam com simetria. Fuletti (2010), Moraes (2010), Nascimento (2012), Gomes (2014) e Wildner (2015) mencionam em suas pesquisas o uso de figuras geométricas. Nesse contexto, Moraes (2010) relatou o a exploração das figuras geométricas nas montagens dos protótipos. Já Gomes (2014) propôs, em uma das atividades, a programação de um robô para fazer a trajetória no formato de um triângulo equilátero.

O posicionamento de retas no plano foi outro assunto mencionado nas pesquisas de Moraes (2010) com o conceito de retas paralelas e Martins e Fernandes (2015), com a construção de ruas com tiras de cartolina simulando paralelas e perpendiculares.

Outra prática que ficou evidente em diversos trabalhos foi a relação entre distância percorrida, tempo e a velocidade, que foi apontada nas pesquisas de Fagundes et al. (2005), Maliuk (2009). Gomes (2014), Oliveira (2015), Rodrigues (2015), Oliveira (2017), Armão (2018) e Maffi (2018). Tais assuntos têm relação com a disciplina de Física, mas usam conceitos matemáticos para resolver os problemas contextualizados e referenciados pelos autores. A respeito disso, destacamos que assuntos relacionados a outras disciplinas podem emergir com uso da RE, podendo vir a se tornar uma proposta interdisciplinar.

De forma geral, nas atividades ficaram evidentes conceitos relacionados a outras áreas, a respeito disso Galvão (2018) destacou que a RE utiliza os conceitos

de diferentes disciplinas para a construção de exemplos de modelos, possibilitando que os alunos tenham uma experiência interdisciplinar.

O conteúdo de Funções foi abordado na pesquisa de Furletti (2010), Casagrande (2017), Oliveira (2017) e Armão (2018), por meio de resolução de problemas contextualizados que emergiram do uso da RE.

Algumas práticas foram evidenciadas com uso de outras atividades para complementar a exploração de conceitos matemáticos, como a construção de “uma maquete que possuísse no mínimo quatro figuras geométricas e que também estivesse contemplado nesta o estudo do triângulo” (MORAES, 2010, p. 65).

Todas as pesquisas identificadas no MS apresentaram propostas de atividades em grupo, evidenciando o trabalho coletivo, bem como as discussões por meio da troca de experiências e saberes. Neste viés, Maliuk (2009) destacou que, durante as atividades, foi possível observar que a Matemática emergiu durante às discussões realizadas nas atividades. Nesta perspectiva, Leitão (2010) relatou que, nas práticas com uso da RE, os estudantes fizeram uso das discussões em grupo para criar estratégias de resoluções. Além disso, Moraes (2010) elencou três categorias que se destacaram em sua pesquisa e uma delas foi a socialização.

No entanto, o uso da RE voltada para o Ensino de Matemática envolve diferentes fatores, que possibilitam que a concretização do saber matemático, tais como: os conhecimentos advindos das práticas anteriores; os saberes são pré-estabelecidos nos currículos, os encaminhamentos didáticos propostos pelo professor; o interesse do estudante com a temática; o trabalho coletivo; o ambiente diferenciado de aprendizagem; a contextualização e o uso das Tecnologias Digitais para programação dos protótipos.

Leitão (2010) e Furletti (2010) destacam em suas pesquisas que a criação de micromundos nas atividades com a robótica faz uso de softwares pedagógicos voltados para a programação de protótipos, possibilitando aos estudantes uma interação participativa a partir de uma ação contextualizada. Também, que o ato de construir um artefato robótico e a sua utilização para estudos, pode ser favorável ao ensino de conteúdos de Matemática.

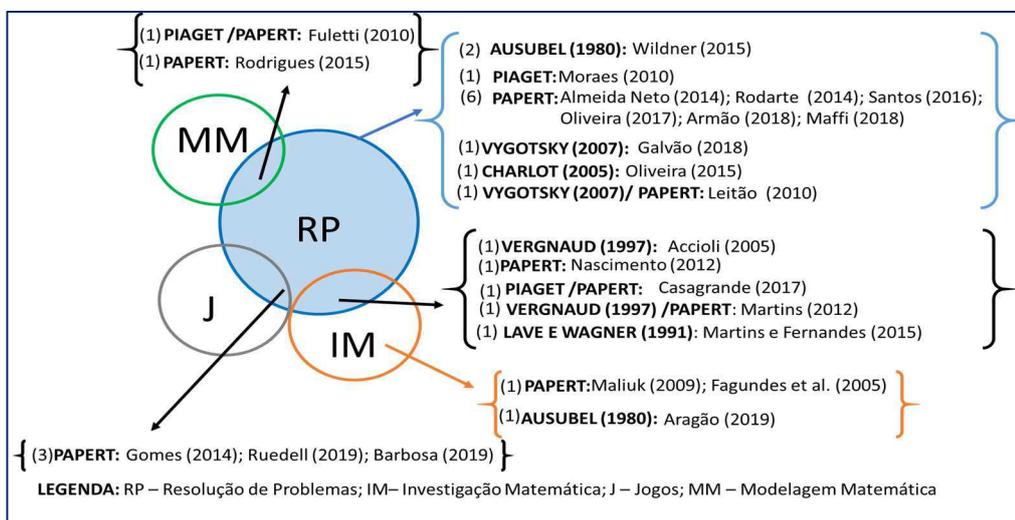
Nesse sentido, as atividades com uso da RE promovem cenários de discussões coletivas, que podem ser direcionadas para uma contextualização que vise à solução de desafios, situações-problema e investigações originais entre outras possibilidades. Assim, os estudantes são convidados a criar estratégias para

possíveis resoluções. Isso pode ocorrer durante os momentos de compartilhamento coletivo de ideias apontadas pelos envolvidos, acontecendo por meio da criação e uso de dispositivos robóticos com o auxílio das TD para gerar ações em protótipos.

A troca de saberes pode ser mediada pelo professor, a partir de questionamentos que instiguem os estudantes a buscarem e compartilhem seus conhecimentos. Isso corrobora com a ideia de que os professores, ao utilizarem a RE nas aulas com objetivo de ensinar conceitos matemáticos, tendem a assumir uma postura de mediadores, possibilitando um ambiente de discussões e interações que pode proporcionar a aprendizagem coletiva e promover a formação do estudante com qualidade.

As práticas descritas nos trabalhos apontaram metodologias e aportes teóricos. Na Figura 15 todos os 24 trabalhos estão organizados seguindo as tendências metodológicas voltadas para o ensino de Matemática e os respectivos fundamentos epistemológicos e psicopedagógicos Teorias de Aprendizagem que os autores destacaram em suas pesquisas.

Figura 15 – Metodologias de Ensino de Matemática e aspectos teóricos que se revelaram nos trabalhos



Fonte: A Autora (2020).

Em relação aos processos metodológicos, observou-se que 21 das pesquisas abordam a resolução de problemas nos encaminhamentos utilizados nas atividades aplicadas. Isso evidenciou que a RE pode ser utilizada como uma

representação de um problema que requer conceitos matemáticos para ser solucionado.

Accioli (2005) apresentou um estudo exploratório a partir de uma resolução de problemas sobre o conteúdo de simetria e utilizou como base teórica principal Vergnaud (1997), na perspectiva das relações do cotidiano. Uma das atividades foi construída a partir das funcionalidades do ambiente ROBOLAB e tinha como proposta explorar a simetria, ressaltando que as crianças lidam em seu dia a dia com objetos e formas simétricas.

Wildner (2015) e Aragão (2019) utilizaram como base teórica principal algumas ideias da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1980). Em relação a metodologia aplicada nas atividades, o estudo de Wildner (2015) se destacou pela resolução de problemas e Aragão (2019) direcionou sua proposta para a investigação matemática.

Em sua pesquisa, Moraes (2010), realizou experimentos a partir da resolução de problemas com uso da RE nas aulas de matemática abordando conceitos de geometria e utilizou uma adaptação do método clínico de Piaget para o processo de coleta de dados.

Maliuk (2009) apresentou a RE situando-a na abordagem proposta por Ole Skovsmose chamada de cenários para investigação, que são estruturados para acontecer em paralelo com a sala de aula tradicional.

Moraes (2010) utilizou como base teórica o construtivismo de Piaget, já Furletti (2010) e Casagrande (2017) além do construtivismo piagetiano, também abordaram em suas dissertações o construcionismo de Papert. Em relação à metodologia abordada, os três pesquisadores direcionaram seus estudos para a resolução de problemas e Casagrande (2017) também trabalhou com aspectos da investigação matemática.

Fagundes et al. (2005); Maliuk (2009), Nascimento (2012), Gomes (2014), Rodarte (2014), Almeida Neto (2014), Rodrigues (2015), Santos (2016), Oliveira (2017), Armão (2018), Maffi (2018), Barbosa (2019), Ruedell (2019) utilizaram como base teórica principal a teoria construcionista de Seymour Papert. Destes pesquisadores, Almeida Neto (2014); Rodarte (2014) Rodrigues (2015); Santos (2016); Oliveira (2017); Armão (2018); Maffi (2018) apresentaram propostas de resolução de situações-problema. Já Rodrigues (2015), além das situações-problema, também descreveu a criação de um modelo matemático em sua

proposta, caracterizando ainda o uso da modelagem matemática. Além disso, Gomes (2014), Barbosa (2019) e Ruedell (2019) relatam o uso de jogos e desafios. Ainda na perspectiva construcionista, Nascimento (2012) encaminhou sua proposta para o uso da investigação matemática

O uso de jogos nas aulas de Matemática com o apoio da RE foi tema de Barbosa (2019). Ao relacionar a tendência metodológica de jogos com a RE, Gomes (2014) elencou vantagens e desvantagens, que estão relacionadas no Quadro 35.

Quadro 35 – Vantagens e desvantagem no uso da robótica educacional junto a tendência metodológica de jogos.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
(a) aplicação de conceitos já aprendidos pelos alunos visto que utilizaram conceitos matemáticos que já conheciam como os cálculos aritméticos, geometria plana;	(a) execução das atividades em contraturno que, por necessidade de tempo e dedicação, aconteceram com uma quantidade reduzida de alunos;
(b) utilizaram técnicas de resolução de problemas como forma de investigar e solucionar os desafios propostos;	(b) a programação a ser construída pelos alunos, que ao se depararem com uma dificuldade ou uma atividade que cobrava mais atenção, acharam mais fácil parar do que continuar buscando solução e aprender como superá-la;
(c) tomaram decisões que podiam ser aplicadas na resolução das atividades e tiveram a chance de avaliar seus erros e corrigir decisões;	(c) a não utilização de instrumentos de medidas, como régua, compasso e transferidor;
(d) a interdisciplinaridade esteve presente, pois ao ler e interpretar tanto o texto quanto as figuras dos tutoriais os alunos utilizaram interpretações que são desenvolvidas nas aulas de Português;	(d) falta de paciência em seguir orientações e construir passo a passo. Os alunos queriam fazer tudo muito rápido e, às vezes, nem liam com atenção o que era para ser feito antes de perguntar para a professora como era para fazer;
(e) a participação ativa de cada aluno ao contribuir para que o grupo conseguisse desenvolver as atividades e construiu suas próprias soluções, que foram sendo modificadas e melhoradas a partir do trabalho em grupo e da comunicação entre os colegas e a professora.	(e) o uso do computador disponível também para acessar a redes sociais. Os alunos não têm controle sobre o que é relevante e buscam recursos da Internet totalmente descontextualizados com a proposta das atividades.

Gomes (2014, p. 60)

Galvão (2018) e Leitão (2010) direcionaram as práticas aplicadas em sua pesquisa para a resolução de problemas com o uso da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) de Vygotsky (2007). Galvão (2018) descreveu o desenvolvimento de um conjunto de atividades com experimentações de RE, realizadas no

laboratório de informática. Como resultado, enfatizou que “o uso da Robótica educacional, na prática pedagógica, resultou na participação, desenvolvimento do pensamento crítico, aprendizado de seu estudante e a interdisciplinaridade entre a matemática e Robótica Educacional” (GALVÃO, 2018, p. 4).

Oliveira (2015) trabalhou a resolução de problemas à luz da teoria da relação com o saber de Charlot (2005), apresentando que o processo de aprendizado é constituído por uma construção de si mesmo com sua identidade e também proporciona uma relação com o outro.

Martins (2012) usou como base teórica o construtivismo de Papert (2008) para abordar o uso de tecnologias na escola e discutiu a aprendizagem de conceitos matemáticos a luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. A pesquisa explorou conteúdos matemáticos com uso da RE, além de propor um cenário investigativo para a resolução de problemas.

Tendo como base a teoria da aprendizagem situada de Lave e Wenger (1991), no artigo de Martins e Fernandes (2015) foi proposta a utilização de cenários investigativos em duas turmas do Fundamental Anos Iniciais. As autoras buscaram compreender como o uso da RE contribui para o desenvolvimento de competências matemáticas.

Como já mencionado, a resolução de problemas se destacou entre as pesquisas, por meio de propostas contextualizadas. Nessas propostas, o recurso era um objeto que fazia parte de um cenário criado para explorar o uso da RE. A partir disso, relacionavam as experiências de montagem de programação relacionadas a problemas que evidenciassem o uso de conceitos matemático. A respeito disso, a BNCC destaca o letramento matemático, que ocorre por meio de:

“[...] competências e habilidades de raciocinar, representar, comunicar e argumentar matematicamente, de modo a favorecer o estabelecimento de conjecturas, a formulação e a resolução de problemas em uma variedade de contextos, utilizando conceitos, procedimentos, fatos e ferramentas matemáticas” (BNCC, 2017, p. 264)

Nesse sentido, Maffi (2018, p.73) ressalta que a RE pode contribuir para oportunizar aos “estudantes o reconhecimento de que os conhecimentos matemáticos são essenciais para o entendimento, compreensão e atuação no mundo”. Corroborando com isso, ao utilizar a resolução de problemas a partir de um padrão pré-estabelecido, pode ocasionar “a mudança de foco do pensar se as

próprias regras são eficazes na aplicação imediata, para procurar explicações múltiplas de modo como trabalhar com as regras pode contribuir, a longo prazo, para a aprendizagem” (PAPERT, 2008, p. 91). A referir-se ao uso de regras, Papert (2008) aponta que a resolução de problemas matemáticos pode ser apresentada pelos professores de uma forma diferenciada, pois, algumas vezes, não condizem com a realidade ou não possibilitam o desenvolvimento do pensamento matemático em um ambiente diferenciado de ensino.

Identificamos diferentes aportes teóricos, o que pode indicar uma preocupação por parte dos autores na construção das propostas que utilizam a RE em suas práticas de ensino. Estas práticas apontaram o trabalho coletivo, o uso de projetos, a realização de oficinas e a contextualização nos exercícios e desafios que foram descritos nas 24 pesquisas.

No entanto, já era esperado que o construcionismo se apresentasse na maioria das pesquisas, visto que as ideias iniciais sobre a RE surgiram com essa teoria. Uma característica dessa teoria que se destacou nos trabalhos foi o protagonismo dos estudantes, ou seja, o papel de construtores dos seus conhecimentos e aprendizagens a partir de seus próprios erros e acertos.

Para Valente (1993), o erro possui um papel construtivo, uma vez que a ideia de identificar, refletir e pensar soluções para corrigir pode trazer uma oportunidade de aprendizado para os estudantes busquem o conhecimento para a resolução do problema apresentado.

Ao comparar os kits utilizados nos estudos apontados no MS, notou-se que os kits de robótica da Lego são referenciados em grande parte dos trabalhos. Para justificar esse resultado, podemos observar na literatura apresentada nesta pesquisa que Papert colaborou com a Lego na criação dos primeiros kits de RE. Como esse kit foi pensado e estruturado para as crianças, percebe-se que ele se tornou uma referência nesta área.

A montagem, realizada com blocos de montar da Lego vinculadas com motores e sensores, possibilitou o uso de conceitos da robótica para crianças e adolescentes. Depois disso, foram criados diferentes kits que também podem ser utilizados para a mesma proposta. No entanto, os equipamentos da Lego, por característica, apresentam manuais e guias de montagem e de programação, o que pode auxiliar no seu uso. Uma das possibilidades descritas na pesquisa de Fagundes et al. (2005) foi a exploração das peças do kit Lego para estudar

conceitos matemáticos, como o uso de pinos e engrenagens para propor uma atividade que explorou os giros da engrenagem para trabalhar conceitos de fração.

Outros kits, como o Arduino, oferecem possibilidades até mais diversificadas que o kit da Lego, pois possuem diferentes extensões que podem ser incorporadas na placa. No entanto, ele exige muito cuidado no manuseio de suas peças, constituídas de pinos e outras características que podem ser danificadas facilmente. Além disso, a sua programação baseada em linguagem C e C++ exige um conhecimento de lógica de programação avançado. A respeito da programação, Papert (1985, p. 93) relata que um “(...) conceito chave da matemática, cuja compreensão é facilitada pela Tartaruga, é a ideia de variável: a ideia de usar um símbolo para dar nome a uma entidade desconhecida”.

Aqui podemos evidenciar as TD, pois as placas e modelos robóticos programáveis necessitam de equipamentos como notebooks, tablets e *smartphones* para fazer transferência dos códigos de programação. No contexto histórico apresentado sobre o surgimento e uso da RE, a programação é um momento fundamental, pois gera discussões e criação de estratégias para elaboração de um código que irá executar uma ação no dispositivo robótico.

Destacamos que em algumas pesquisas os autores deixaram claro o uso do papel e do lápis para o registro e planejamento de algumas atividades. Accioli (2005), por exemplo, deixou clara a utilização de lápis e papel para realização de sondagem sobre o aprendizado dos estudantes em relação ao conteúdo de simetria. Furletti (2010) e Casagrande (2017), mencionaram o uso de lápis e papel para fazer anotação em tabelas e também para construir gráficos, corroborando com a ideia de que “o lápis e o papel moldam a maneira como uma demonstração matemática é feita” (BORBA; MALHEIROS; ZULATTO, 2007, p. 87).

Algumas placas como o Arduino e o micro:bit possibilitam a realização de simulações antes de transferir o código para o modelo robótico físico. Isso pode ser usado pelos professores para iniciar um projeto na escola, pois, em específico, esses dois componentes possuem softwares livres de programação, que poderiam ser explorados por qualquer pessoa, se acesso a eles fosse democratizado.

Entre os novos modos de conhecimento trazidos pela cibercultura, a simulação ocupa um lugar central. Em uma palavra, trata-se de uma tecnologia intelectual que amplifica a imaginação individual (aumento de inteligência) e permite aos grupos que compartilhem, negociem e refinem

modelos mentais comuns, qualquer que seja a complexidade deles (aumento da inteligência coletiva) (LÉVY, 2010a, p. 167).

Neste viés, as práticas como a RE podem iniciar nos ambientes de simulação com o planejamento de uma montagem, sendo possível identificar os componentes que serão necessários para a criação do protótipo físico. Segundo Kalinke et al. (2015, p. 164) a simulação “é vista como alicerce central das novas possibilidades de conhecimento, pois expande a imaginação, levando a ampliação do conhecimento individual e um aumento de inteligência coletiva com uso do compartilhamento”. Sendo assim, a simulação pode ser o início para as futuras práticas com montagens e programações de componentes robóticos de forma física.

A maioria dos trabalhos encontrados destacaram o uso das programações no formato de blocos e apenas a pesquisa de Oliveira (2017) citou o uso da programação em formato de fluxograma. Casagrande (2017) e Galvão (2018) relataram que os estudantes apresentaram dificuldades com o uso da programação utilizada no software Arduino, ressaltando que a linguagem original desse software é o inglês, o que causou um pouco de desconforto durante criação dos códigos. Observamos que a linguagem de programação em blocos, citada nos trabalhos, seria a mais indicada para iniciar o entendimento da lógica por trás das criações dos códigos. Lévy (2010a, p. 42) ensina sobre a criação de “ambientes de programação que fornecem ‘blocos’ básicos de software prontos para montagem”, ressaltando uma maior aproximação da linguagem usual.

Nas pesquisas de Maliuk (2009), Moraes (2010) e Barbosa (2019), o momento da programação dos protótipos estimulou o uso de raciocínio lógico matemático. Já nas pesquisas de Fagundes et al. (2005), Oliveira (2015) e Aragão (2019), não foi possível identificar detalhes sobre o momento de programação do artefato robótico. Nas pesquisas de Leitão (2010) e Rodarte (2014), a criação de códigos utilizando blocos programáveis foi bastante explorada em ambientes de simulação. Já na pesquisa de Oliveira (2017), a programação foi utilizada para realização de deslocamentos de um robô empilhadeira, trabalhando com os cálculos de tempo, distância e velocidade.

Por outro lado, quando os estudantes pensavam em estratégias para movimentar o robô, alguns conceitos matemáticos foram evidenciados, como apontado na pesquisa de Wildner (2015), na qual a proposta era fazer uma programação para o protótipo desenhar um triângulo. Com essa experiência, ao

utilizar estratégias de programação o estudante passa a explorar os conceitos matemáticos por meios de estratégias que surgem durante resolução de problemas. Isso vai ao encontro das ideias de Maltempi e Valente (2000, p. 1), que se referem a elaboração de códigos como “uma atividade de resolução de problemas que requer o domínio de uma linguagem de programação, o conhecimento do conteúdo que está sendo tratado, e criatividade”.

Tendo em vista essas quatro categorias que identificamos nas leituras construção dos portfólios, entende-se que o uso da RE junto às TD pode ser um recurso que engloba diferentes contextos por meio da resolução de problemas e que o papel do professor é fundamental, no sentido de planejar e mediar as atividades propostas. Para o uso da RE fazer sentido para os estudantes, o professor precisa ter conhecimento sobre a tecnologia que está sendo utilizada, inclusive conceitos de lógica de programação do software escolhido que podem ser ditas como simples, mas que, algumas vezes, talvez não façam sentido para o estudante.

Entendemos ainda que esses quatro aspectos estão diretamente relacionados, a RE no ensino de conceitos matemáticos altera práticas determinadas práticas efetivadas pelos professores de diferentes tendências metodológicas. Esse recurso pode trazer um momento de vivências e explorações para as atividades, possibilitando que o estudante faça a simulação de uma situação real, partindo da sua realidade e contexto onde está inserido.

E como os conteúdos matemáticos se fazem presentes em atividades que fazem o uso da RE enquanto recurso?

De maneira geral, as propostas com uso de RE apontaram para um princípio fundamental em nossos pressupostos teóricos descritos anteriormente: a inteligência coletiva. A RE utilizada na sala de aula traz consigo as ideias de Lévy (2010a) com a proposta de incorporar o pensamento coletivo que se originou da cibercultura e ainda, por meio da programação dos protótipos, pode ampliar as possibilidades de reorganização do pensamento como proposto por Tikhomirov (1981). Concordamos com a ideias de Silva (2009) a respeito de alguns objetivos em relação a utilização da RE:

1. Desenvolver a autonomia, isto é, a capacidade de se posicionar, elaborar projetos pessoais, participar na tomada de decisões coletivas;
2. Desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo: respeito a opiniões dos

outros; [...] 5. Desenvolver habilidades e competências ligadas à lógica, noção espacial, pensamento matemático, trabalho em grupo, organização e planejamento de projetos envolvendo robôs; 6. Promover a interdisciplinaridade, favorecendo a integração de conceitos de diversas áreas, tais como: linguagem, matemática, física, ciências, história, geografia, artes, etc. (SILVA, 2009, p. 33)

As discussões em grupo são fundamentais em atividades que fazem o uso desse recurso, pois a junção dos saberes possibilita uma interação entre os estudantes. Isso pode se encaminhar para uma estratégia de resolução problemas, ocasionado pela criação de cenários e constituído dinâmicas de aprendizagem de conceitos matemáticos

(...) é importante que o professor possa, desde a educação infantil, estimular o trabalho coletivo e desenvolvimento de um protótipo em grupo, a fim de fomentar a colaboração (...) uma dica para esse processo pode ser estimular a articulação entre os alunos e o grupo, fazendo com que, em cada atividade eles alternem suas funções e tarefas (...) (CAMPOS, 2019, p. 164).

Em alguns trabalhos, os autores direcionaram as atividades para conteúdos pré-estabelecidos e seguiram os encaminhamentos com destaque para as estratégias metodológicas de resolução de problemas e investigações matemáticas. No entanto, isso não é uma regra e os conteúdos tendem a emergir das contextualizações e criação de situações-problemas elaboradas pelo professor. Nesse sentido, Maffi (2018, p.11) destacou em sua pesquisa a “importância Matemática para solucionar os problemas propostos nas atividades de robótica bem como no desenvolvimento da sociedade e as contribuições efetivas dessa proposta na formação ética e cidadã dos estudantes”.

O momento de criação dos artefatos faz parte do planejamento da proposta, pois esse será o objeto que irá receber uma ação mediante a programação, oportunizando um espaço de criações e de discussões coletivas entre os participantes.

As TD se mostraram essenciais para a implementação, ou seja, a criação do código de programação, momento esse fundamental, pois os estudantes discutem possíveis formas de movimentar o protótipo robótico e assim os conceitos matemáticos podem ser construídos, possibilitando uma reorganização do pensamento junto às TD. Os autores Fagundes et al. (2005), Maliuk (2009) e Leitão (2010) evidenciaram que os estudantes utilizaram estratégias de ficar testando as

programações, partindo do erro para tentar novamente até conseguirem cumprir o objetivo da atividade.

Percebemos que, praticamente em todos os trabalhos, as atividades foram realizadas de forma extracurricular (oficina e projetos). Isso pode ocorrer devido ao tempo que a maioria das atividades necessitam. Os momentos de discussões são bastante explorados e, assim, podem comprometer o horário regular de aula pré-estabelecido nas escolas. No entanto, acreditamos que a RE é um recurso didático de Matemática em construção, com atividades curriculares potencialmente interdisciplinares e significativas e que isso depende da tendência metodológica, da teoria de aprendizagem, do conteúdo e também dos *hardwares* e *softwares* escolhidos por quem conduz o processo pedagógico.

Considerando a relação entre essas quatro categorias com o ensino de conceitos matemáticos e a RE, percebemos que, com a revisão de tendências metodológicas, é possível estabelecer novos encaminhamentos didáticos aos objetivos propostos nas atividades. Estes objetivos são vinculados a teorias de aprendizagem que podem dar um suporte para as estratégias de ensino.

Na escolha dos conteúdos, observamos que alguns podem ser mais explorados do que outros, e isso depende dos direcionamentos propostos nas atividades. Nesse contexto, professores têm um papel fundamental na elaboração do planejamento da proposta didática.

Em relação aos kits e ao tipo de programação, notamos a importância do conhecimento técnico, pois para elaborar atividades, criar cenários de investigação, propor situações-problema e mediar as discussões, professores precisam ter o conhecimento técnico dos materiais disponíveis e da lógica de programação do software escolhido. Com isso, abrimos caminhos para discussões relacionadas aos conceitos matemáticos que podem emergir na montagem e manuseio do equipamento robótico e da elaboração dos códigos de programação.

Portanto, entendemos que os conteúdos de Matemática tanto podem emergir como necessários à resolução de problemas em atividades que utilizam a RE, quanto serem pré-estabelecidos curricularmente, como fundamentais que são, em recursos didáticos de RE. Destaca-se que alguns conteúdos apareceram com mais frequência nas pesquisas, como a geometria plana e cálculos com uso de números decimais. No entanto, acreditamos que isso depende dos materiais disponíveis, ou seja, do kit de robótica e das TD acessíveis na escola.

6. CONSIDERAÇÕES

Iniciamos este estudo com a condução de um MS, com o intuito de identificar na literatura o que vem sendo apresentado sobre uso da RE nas aulas de Matemática. Com isso, encontramos 24 pesquisas que se revelam pertinentes com a temática. As práticas no uso da RE apresentada nesta pesquisa convergem para uma abordagem de trabalho coletivo, com a ideia da reorganização das atividades mediadas pelas TD, oportunizando diferentes e novas formas de expor o pensamento, alterando comportamentos e favorecendo na construção de uma inteligência coletiva (LÉVY, 2010a, 2010b, 2015; TIKHOMIROV, 1981).

As reorganizações individuais e coletivas são condições e práticas que fazem parte do contexto necessário no uso da RE, visto que, os estudantes são colocados em grupos para resolverem problemas, desafios e a criar soluções por meio de montagens e programações. Nos momentos de discussões, a Matemática pode emergir como uma estratégia que irá mediar esse processo, podendo ser abordada tanto na montagem quando na programação ou na resolução de situações-problemas. Essas discussões partem dos saberes individuais e se transformam em uma discussão coletiva, que em um ponto de vista específico, podem trazer resultados promissores de ensino e de aprendizagem de conteúdos matemáticos utilizando as TD como recurso de mediação na programação

Lévy (2010b) e Tikhomirov (1981) defendem ideias que tratam dos modelos de reorganização de atividades, do uso de novas formas de comportamento, da construção de uma inteligência coletiva, enquanto Papert (1985, 2008) ressalta o uso do computador e sua influência nas formas de pensamento dos seres humanos, como o pensar e o repensar. Nesse sentido, Borba & Villarreal (2005) destacam que o uso das TD possibilita novas maneiras de pensamento matemático.

Com o MS realizado nessa pesquisa, conseguimos coletar diferentes dados e, ao relacioná-los, podemos tecer um panorama do uso RE no ensino básico de conceitos matemáticos. Este panorama, vai ao encontro do objetivo de pesquisa de mapear e identificar como os conteúdos matemáticos são abordados em situações que utilizaram a RE nos processos de ensino.

Ao refletir sobre a ideia de aprender matemática fazendo robótica, identificamos em 21 pesquisas que a resolução de problemas foi evidenciada. Neste

viés, destaca-se que a RE pode ser utilizada para montar um cenário contextualizado com situações-problema que envolvam conceitos matemáticos.

Como a criação de códigos faz parte do contexto da RE, mostrou-se necessário o professor ter conhecimentos sobre a lógica de programação para poder auxiliar os estudantes na elaboração de um código que será transmitido para o robô. Essa programação foi apresentada em diferentes formatos nos trabalhos e o formato de programação em blocos foi o mais explorado

Observamos que a RE pode ser associada a conteúdos matemáticos a partir das montagens e criações de objetos robóticos com auxílio dos kits como citado por Martins (2012). Na programação desses protótipos, os estudantes têm a oportunidade de realizar discussões sobre a elaboração de uma programação para gerar um movimento ou uma ação no objeto.

Além disso, em alguns momentos foram utilizados o lápis e o papel para escrever, desenhar e planejar o desenvolvimento das atividades. Vários autores mencionaram o uso de sequências didáticas, que tinham como objetivo a exploração das atividades contextualizadas e relacionadas a conteúdos matemáticos.

O papel de professores nas atividades que usam a RE nas aulas de matemática se apresentou como de mediador do processo de construção dos conceitos matemáticos. Cabendo a eles direcionar a criação de cenários, para que os estudantes possam explorar as montagens, a programação e as estratégias de solucionar os problemas e desafios propostos.

Acreditamos ter respondido à pergunta norteadora desta pesquisa, apresentando e descrevendo a Matemática que se revelou nas pesquisas sobre RE. Sendo assim, a RE pode contribuir para a criação de um ambiente que utilize a contextualização de problemas voltados para a realidade e também curiosidade dos estudantes. Essa curiosidade pode levar os estudantes a testarem as montagens e as programações e, com isso, aprender a partir dos seus erros e acertos. Dessa forma, a RE pode vir a possibilitar o desenvolvimento do raciocínio lógico matemático. Essa prática oportuniza que o estudante passe a refletir sobre o problema a ser resolvido e não a seguir regras estabelecidas para chegar ao resultado (PAPERT, 2008).

A respeito disso, Kenski (2007) destaca que a presença de uma determinada tecnologia pode gerar mudanças na maneira de organizar o ensino.

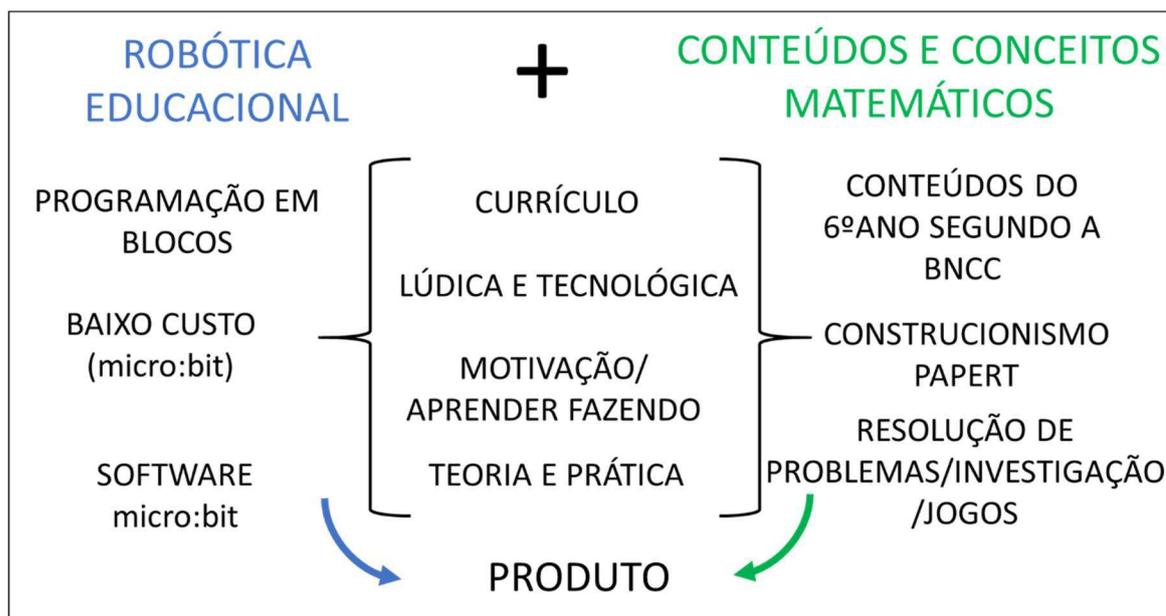
Nesse sentido, o uso da TD para a programação de robôs possibilita uma experiência para os estudantes de aprender construindo e, assim, esse ambiente se transforma em local de troca de conhecimentos.

Vale ressaltar que a maioria das propostas apresentadas foi realizada na modalidade extracurricular, como em oficinas e projetos específicos realizados nas escolas. Com isso, percebe-se que a RE ainda não está presente nas aulas regulares da disciplina de Matemática, o que pode se justificar pelo fato da sua característica de envolver diferentes temáticas e conteúdos.

Em suma, ao arquitetar a integração da RE nas aulas de Matemática podemos considerar suas relações com outras áreas de conhecimento. Com isso, uma proposta relevante seria inserção da RE no currículo para integrar os saberes junto às teorias e práticas vivenciadas também em outras áreas.

Com o levantamento dos trabalhos foi possível identificar algumas características e relações que mais se destacaram entre a RE e os conteúdos e conceitos matemáticos, como podemos observar na Figura 16.

Figura 16 - Resultados encontrados na pesquisa



Fonte: A Autora (2020).

A partir da identificação desses resultados, foi planejado e desenvolvido um produto direcionado para o ensino de conteúdos curriculares matemáticos que estão apresentados na BNCC. Para isso escolhemos o 6º Ensino Fundamental. A

proposta aborda a programação em blocos com materiais programáveis de baixo custo para ser utilizada como um recurso tecnológico para o ensino de diferentes conteúdos. Assim, nele está implícito o conceito de aprender fazendo, da Teoria Construcionista de Papert, com base no uso da placa micro:bit junto à programação em blocos.

O produto foi estruturado no formato de um e-book e foi pensado para o professor de matemática que pretende começar a se aventurar no mundo da Robótica Educacional (RE), entendendo esta como um recurso que pode ser realizada nas aulas de Matemática. As atividades elaboradas emergiram da pesquisa aqui apresentada, que procurou revelar como são trabalhados os conceitos matemáticos, tendo como apoio a RE como um recurso para o processo de ensino.

As atividades seguiram como sustentação os conteúdos matemáticos descritos na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), direcionados para o 6º ano do Ensino Fundamental. Vale destacar que existem diversas possibilidades no uso do material proposto, para diferentes anos e séries, podendo ser adaptado conforme a realidade e prática pedagógica de cada escola. Nesse contexto, o material colocado em forma de produto desta dissertação, é composto por três capítulos, como apresentado na Figura 17.

Figura 17 - Capítulos do Produto Educacional



Fonte: a Autora (2020).

Contemplando 8 propostas, que são comentadas e direcionadas para dar início ao uso da RE nas aulas de Matemática, estas têm como foco principal o ensino de conteúdos matemáticos e podem ser adaptadas, reformuladas e servir de inspiração para a elaboração de outros encaminhamentos pedagógicos. Um exemplo está na Figura 18, que tem como objetivo a construção de um pedômetro que pode servir de instrumento para calcular a área e o perímetro de espaços como a quadra da escola.

Figura 18 - Proposta de atividade que consta no produto Educacional

CAPÍTULO III – PROPOSTAS DE ATIVIDADES

Contando passos e calculando área e perímetro

PROPOSTA 5

Vamos fazer um Pedômetro?

O que é um Pedômetro?

O Pedômetro é um contador de passos.

Existem diferentes maneiras de contar os passos, uma delas é você mesmo fazer a contagem, outra forma seria através de um equipamento eletrônico, por exemplo, com o auxílio de aplicativos disponíveis para os smartphones e a pulseira inteligente, entre outros.

LISTA DE MATERIAIS:

- 4 Placas micro:bit
- 1 Cabo micro USB
- 4 Suportes de bateria
- Acesso ao ambiente de programação MakeCode
- 8 pilhas AAA
- 4 instrumentos de medição (fita métrica, régua ou trena)
- Fita adesiva ou fita dupla face

Na BNCC consta como objeto do conhecimento o perímetro e área dos triângulos e dos retângulos.

BNCC		
UNIDADE TEMÁTICA	OBJETO DO CONHECIMENTO	HABILIDADE
G R A D U A R I A S	Problemas sobre medidas envolvendo grandezas como comprimento, massa, tempo, temperatura, área, capacidade e volume	(EF06MA24) Resolver e elaborar problemas que envolvam as grandezas comprimento, massa, tempo, temperatura, área (triângulos e retângulos), capacidade e volume (sólidos formados por blocos retangulares), sem uso de fórmulas, inseridos, sempre que possível, em contextos oriundos de situações reais e/ou relacionadas às outras áreas do conhecimento.
	Perímetro de um quadrado como grandeza proporcional à medida do lado	(EF06MA29) Analisar e descrever mudanças que ocorrem no perímetro e na área de um quadrado ao se ampliarem ou reduzi-rem, igualmente, as medidas de seus lados, para compreender que o perímetro é proporcional à medida do lado, o que não ocorre com a área.

Contando passos e calculando área e perímetro

**PRATICANDO...
CALCULANDO...**

Você pode solicitar para os estudantes, utilizarem o contador de passos para encontrar a área e o perímetro da quadra de esportes da escola.

Solicite para um integrante de cada grupo utilizar o contador de passos construído, juntando ele ao tênis, podendo prender com fita adesiva ou dupla face.

Os demais integrantes do grupo, podem ir registrando os dados, que são o comprimento e a largura.

Possibilite que eles tenham um tempo para pensar nessa estratégia de encontrar a área e o perímetro da quadra.

Para isso será preciso medir o tamanho passo dos estudantes, que irão andar pela quadra com o contador de passos. Importante falar para os estudantes tentarem manter a mesma distância entre um passo e outro.

Depois de obter a quantidade de passos e medir a largura. Pergunte para os estudantes como eles podem encontrar o valor dessa medida em centímetros e depois em metros.

Na sequência cada grupo pode apresentar esses valores para a turma, assim os estudantes terão a oportunidade de identificar se as medidas encontradas foram parecidas.

Podem também, fazer uma comparação em relação a quantidade de passos que o integrante do grupo deu, comparando com medida da largura do passo e com o resultado encontrado.

	Comprimento (cm)	Comprimento (m)	Largura (cm)	Largura (m)	Nº de passos	Medida do passo
GRUPO 1						
GRUPO 2						
GRUPO 3						
GRUPO 4						

Fonte: a Autora (2020).

Para conhecer o encaminhamento proposto na íntegra, bem como as demais propostas os leitores podem acessar o material que está disponível no mesmo repositório junto com o presente estudo aqui apresentado.

Almejamos que esta pesquisa possa contribuir com a comunidade acadêmica, professores e pesquisadores que possuam interesse nessa temática, e que o produto fruto desta pesquisa possa servir de material de apoio, como um guia metodológico de consulta de procedimentos para quem pretende iniciar uso da RE nas aulas de Matemática.

REFERÊNCIAS

- ACCIOLI, R. M. **Robótica e as transformações geométricas: um estudo exploratório com alunos do ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2005, 224 p.
- ALMEIDA NETO, C. F. de. **O uso da robótica educativa e o desenvolvimento de competências e habilidades matemáticas**. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática) – Centro de Ciências do Departamento de Matemática, Universidade Federal do Ceará, Juazeiro do Norte, 2014, 106 p.
- ARAGÃO, F. **Robótica educativa na construção do pensamento matemático**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade de Blumenau, Blumenau, 2019, 154 p.
- ARMÃO, T. P. **Uma aplicação da Robótica Educacional no estudo do número irracional π utilizando LEGO MINDSTORM EV3**. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) – PROFMAT, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2018, 111 p.
- BORBA, M. de C. **Seres Humanos-com-mídias e a produção matemática**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PSICOLOGIA DA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA-SBPEM., 1., 2002, Curitiba, PR. Anais do I SBPEM. Curitiba: UFPR, 2001, v.1. p.135-146.
- BORBA, M. de C; VILLARREAL, M. E. **Humans-With-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization**. v. 39, New York: Springer, 2005.
- BORBA, M. de C.; MALHEIROS, A. P. dos S.; ZULATO, R. B. **A. Educação a Distância *on-line***. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.
- BORBA, M. de C.; DA SILVA, R. S. R.; GADANANIDS, G. **Fases das Tecnologias Digitais em Educação Matemática: sala de aula e internet em movimento**. 1ª ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2015.
- BALBINO, R. O. **Os objetos de aprendizagem de Matemática do PNL 2014: uma análise segundo as visões construtivista e ergonômica**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática) – Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Curitiba, 2016, 139 p.
- BARBOSA, F. da C. **Educação e a Robótica Educacional na Escola Pública: as Artes do Fazer**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de

Educação - Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Educação, Uberlândia, 2011, 182 p.

BARBOSA, C. M. **Matemática com tecnologias: cubo de Rubik e robótica**. Dissertação. (Mestrado Profissional em Educação Matemática) – Unidade Acadêmica Especial de Matemática e Tecnologia - Universidade Federal de Goiás – Goiás, 2019, 101 p.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular** (Versão Final). Ministério da Educação, Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em 29 out. 2019. Acesso em: 20 ago. 2019.

BICUDO, M, A. V. A pesquisa em educação matemática: a prevalência da Abordagem qualitativa. R.B.C.E.T, Curitiba, v. 5, mai-ago., 2012. Disponível em: <<http://www.mariabicudo.com.br/resources/ARTIGOS/A%20pesquisa%20em%20educa%C3%A7%C3%A3o%20matem%C3%A1tica%20a%20preval%C3%Aancia%20da%20abordagem%20qualitativa.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2020.

BICUDO, M. A. V. Meta-análise: seu significado para a pesquisa qualitativa. **REVMAT**, Florianópolis, v. 9, junho., 2014. Disponível em: <<http://www.mariabicudo.com.br/resources/ARTIGOS/Meta-an%C3%A1lise%20seu%20significado%20para%20a%20pesquisa%20qualitativa.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2020.

BRITO, R. S. **A pesquisa brasileira em robótica pedagógica: um mapeamento sistemático com foco na educação básica**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) – Centro de Educação, Universidade Federal De Pernambuco, 2019, 104 p.

CABRAL, C. P. **Robótica Educacional e Resolução de Problemas: uma abordagem microgenética da construção do conhecimento**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011, 149 p.

CAMPOS, F. R. **Robótica pedagógica e inovação educacional: uma experiência no uso de novas tecnologias na sala de aula**. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2005, 145 p.

CAMPOS, F.R. Robótica Educacional no Brasil: Questões em Aberto, Desafios e Perspectivas Futuras. Araraquara, v. 12, n. 4p 2108-212, out-dez., 2017. Disponível em: < >. Acesso em: 12 out. 2020.

CAMPOS, F.R. **A Robótica para uso Educacional**. Editora Senac São Paulo. São Paulo - SP, 2019.

CAMPOS, F. R.; LIBARDONI, G. C. Investigação em robótica na educação brasileira. In: SILVA, R. B. e.; BLIKSTEIN, P. (org.). **Robótica Educacional: experiências inovadoras na educação brasileira**. Porto Alegre: Penso, 2020. p.21-45.

CASAGRANDE, E. **Função polinomial do 2º grau: uma sequência didática apoiada nas tecnologias digitais**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017, 135 p.

CÉSAR, D. R. **Robótica pedagógica livre: uma alternativa metodológica para a emancipação sociodigital e a democratização do conhecimento**. Tese de doutorado. Universidade Federal da Bahia. – 2013.

CURCIO, C. P. de C. **Proposta de método de Robótica educacional de baixo custo**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) – Curso de Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Lactec, Curitiba, 2008, 101 p.

D'AMBROSIO, Ubiratan. **Etnomatemática**. São Paulo, SP: Editora Ática, 1996.

D'ABREU, J.V.V. Uso do computador para controle de dispositivos. In: Valente, J.A (org). **Computadores e conhecimento: repensando a educação**. Campinas: Unicamp, 1993.

D'ABREU, J. V. V. **Robótica pedagógica: percursos e perspectivas**. In: WORKSHOP DE ROBÓTICA EDUCACIONAL – WRE, 2014, São Carlos, Anais. Porto Alegre. Sociedade Brasileira de Computação, 2014. p. 79-84.

FAGUNDES, C. A. N.; POMPERMAYER, E. M.; BASSO, M. V. A; JARDIM, R. F. Aprendendo matemática com robótica. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 3 n. 2, p. 01-10, nov. 2005.

FALBO, R. A. **Mapeamento Sistemático**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2018. Disponível em: <http://www.inf.ufes.br/~falbo/files/MP/TP/Sobre_MS.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2020.

FARIA, P. M. **Revisão Sistemática da Literatura: Contributo para um Novo Paradigma Investigativo**. Santo Tirso, Portugal: Ed. WhiteBooks, 2016.

FIORENTINI, D. A. **Mapeamento e balanço dos trabalhos do GT-19 (Educação Matemática) no período de 1998 a 2001**. In: 25º Encontro da ANPED, Caxambu, 2002. Disponível em: <http://www.ufrj.br/emanped/paginas/conteudo_producoes/docs_25/mapeamento.pdf> Acesso em: 10 mar. 2020.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em Educação Matemática: percursos teóricos e metodológicos**. Campinas: Autores Associados, 2006.

FIORENTINI, D.; GRANDO, R.; CE. MISKULIN, R. G. S.; CRECCI, V. M.; LIMA, R. C. R.; COSTA, M. C. **O professor que ensina matemática como campo de estudo: Concepção do projeto de pesquisa**. In: FIORENTINI, D.; PASSOS, C. L.; LIMA, R. C. R. Org. Mapeamento da pesquisa acadêmica brasileira sobre o professor que ensina matemática: período 2001 – 2012. Campinas: FE/UNICAMP, 2016, V.1, p. 17 – 41.

FRAGOSO, F. S. G. **A evolução da pesquisa em hipertexto digital na área educacional no Brasil: mapeamento sistemático**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017, 116 p.

FURLETTI, Saulo. **Exploração de tópicos de Matemática em modelos robóticos com utilização de software SLOGO no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010, 134 p.

GALVÃO, A.P. **Robótica Educacional e o Ensino de Matemática: um experimento educacional em desenvolvimento do ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Instituto de Ciências da Educação, Universidade Federal do Oeste do Pará. Santarém - PA, 2018, 135 p.

GOMES, P. N. N. **A Robótica educacional como meio para a Aprendizagem da Matemática no Ensino Fundamental**. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2014, 95 p.

HANSEN, E., & RESNICK, M. LEGO's Mindstorms. In MIT MediaLab. 2016. Disponível em: <<https://www.media.mit.edu/posts/member-collaboration-LEGO-s-mindstorms/>>. Acesso em: 05 nov. 2019

KALINKE, M.A; BALBINO, R.O. Lousas Digitais e Objetos de Aprendizagem. In: KALINKE, M.A; MOCROSKI, L.F. (org.). **A Lousa digital e outras tecnologias na educação matemática**. Curitiba - PR. Editora CRV. 2016.

KALINKE, M.A. **Para não ser um professor do século passado**. Curitiba - PR. Editora Gráfica Expoente. 5.ed. 2004.

KALINKE, M.A. **Tecnologias no Ensino: a linguagem matemática na Web**. Curitiba - PR. Editora CRV. 2014.

KALINKE, M. A. **A mudança da linguagem matemática para a linguagem web e as suas implicações na interpretação de problemas matemáticos**. 2009. 205

f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009.

KALINKE, M.A; DEROSI, B; JANEGITZ, L. E; RIBEIRO, M.S.N. TECNOLOGIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: um enfoque em lousas digitais e objetos de aprendizagem. In: KALINKE, M. A; MOCROSKI, L.F. (org.). **Educação Matemática: pesquisas e possibilidades**. Curitiba - PR. Editora UTFPR, 2015.

KALINKE, M. A.; MOCROSKY, L.; ESTEPHAN, V. M. **Matemáticos, educadores matemáticos e tecnologias: uma articulação possível**. Educação Matemática Pesquisa, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 359-378, 2013. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/emp/article/view/13363> >. Acesso em: 12 jan. 2020.

KENSKI, V. **Educação e Tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas-SP: Papirus, 2007. Coleção Papirus Educação.

KENSKI, V. **Tecnologias e o ensino presencial e a distância**. Campinas: 8ª Ed. Papirus, 2010.

KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: Um novo ritmo da informação**. 8. ed. Campinas: Papirus, 2012. p. 15-25.

KITCHENHAM, B. A. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele University, 2004.

KITCHENHAM, B. A.; CHARTERS, S., **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Tech. Rep. EBSE-2007-01, Keele University, 2007.

LEITÃO, R. L. **A dança dos robôs: qual a matemática que emerge durante uma atividade lúdica com robótica educacional?** 2010. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Curso de Mestrado em Educação Matemática, Universidade Bandeirante de São Paulo, São Paulo, 2010, 87 p.

LÉVY, P. (1998). **A máquina universo: criação, cognição e cultura informática**. Porto Alegre.

_____. **Cibercultura**. Tradução de Carlos Irineu da Costa. São Paulo. Editora 34, 3ª Ed, 272 p, 2010a.

_____. **A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço**. 10ª ed. São Paulo, SP: Loyola, 2015.

_____. **As tecnologias da Inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. 2ª. ed. 2. Reimp. São Paulo, SP: Editora 34, 2010b, 208 p.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 2013.

MAFFI, C. **Inserção da robótica educacional nas aulas de matemática : desafios e possibilidades**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Escola de Ciências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018, 108 p.

MALIUK, K. D. **Robótica educacional como cenário investigativo nas aulas de matemática**. 91 f. 2009. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Matemática, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MALTEMPI, M.V.; Valente, J.A. (2000). **Melhorando e Diversificando a Aprendizagem via Programação de Computadores**. In: International Conference on Engineering and Computing Education (ICECE), São Paulo. Proceedings. 27 a 30 de ago (CD-ROM).

MALTEMPI, M.V. **Novas Tecnologias e Construção de Conhecimento: Reflexões e perspectivas**. In: V Congresso Ibero-americano de Educação Matemática (CIBEM), 2005, Porto, 2005.

MALTEMPI, M.V. MENDES, R. O. **Tecnologias Digitais na Sala de Aula: Por que não?** In: IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE TIC NA EDUCAÇÃO, 2016, Lisboa/Portugal. Anais...Lisboa/Portugal: [s.n.], 2016.

MARTINS, E. F. **Robótica na sala de aula de matemática: os estudantes aprendem matemática?**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) – Instituto de Matemática, Porto Alegre – RS, 2012. 168 p.

MARTINS, S.; FERNANDES E. **Aprender matemática num projeto interdisciplinar com robots**. Revista Tecnologia na Educação. Ano 7, n. 13, set. 2015.

MENEZES, Ebenezer Takuno de; SANTOS, Thais Helena dos. **Verbetes robótica educacional**. Dicionário Interativo da Educação Brasileira - Educabrazil. São Paulo: Midiamix, 2015. Disponível em: < <http://www.educabrazil.com.br/robotica-educacional/>>. Acesso em: 03 nov. 2019.

MORAES, M. C. **Robótica educacional: socializando e produzindo conhecimentos matemáticos**. Dissertação (Mestrado em Educação e Ciências) - Programa de Pós- Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde - Universidade Federal do Rio Grande – Rio Grande – RS, 2010, 144 p.

MOTTA, M. S.; KALINKE, M. A.; MOCROSKY, L. F. **Mapeamento das dissertações que versam sobre o uso de tecnologias educacionais no ensino**

de Física. ACTIO: Docência em Ciências, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 65-85, set/dez. 2018.

MOTTA, M. S.; BASSO, S. J. L.; KALINKE, M.A. **Mapeamento sistemático das pesquisas realizadas nos programas de mestrado profissional que versam sobre a aprendizagem matemática na educação infantil.** Curitiba, v. 4, n. 3. p. 204-225, set./dez. 2019.

NASCIMENTO, G. M. do. **Uso da Robótica no ensino de proporção aos alunos do ensino fundamental II.** Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Programa de Pós-graduação Stricto sensu em Educação Matemática - Universidade Bandeirante de São Paulo, São Paulo, 2012, 131 p.

OLIVEIRA, E. S. de. **Robótica educacional e raciocínio proporcional: uma discussão à luz da teoria da relação com o saber.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2015, 157 p.

OLIVEIRA, A. D. **Robótica nas aulas de matemática: uma perspectiva tecnológica associada ao ensino de funções.** Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Centro de ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2017, 80 p.

PAPERT, S; SOLOMON, C. Twenty Things to do with a Computer. **Artificial Intelligence Memo**, MIT AI Laboratory. Cambridge, 1971.

PAPERT, S. **A família em rede: ultrapassando a barreira digital entre gerações.** Título original: The Connected Family: bridging the digital generation gap. Lisboa: Relógio D'Água Editores, 1997.

_____. **Logo: computadores e educação.** São Paulo: Brasiliense, 1985.

_____. **A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática.** Tradução Sandra Costa. Porto Alegre: ARTMED, 2008

PRADO, J. P. A; MORCELI, G. **Robótica Educacional: do conceito e robótica aplicada à concepção dos kits.** In: PERALTA, D.A. (org). Robótica e Processos Formativos: da epistemologia dos kits. Organizadores Porto Alegre - RS. Editora Fi. 2019.

RESNICK, M. **Technologies for Lifelong Kindergarten.** Educational Technology Research and Development, vol. 46, no. 4, 1998. Disponível em < <https://llk.media.mit.edu/papers/llk/>>. Acesso em: 03 nov. 2019.

REZENDE, D. A.; D'ABREU, A. F. de. **Tecnologia da informação aplicada a sistemas de informações empresariais.** 3. ed. rev. São Paulo: Atlas, 2003.

RODARTE, A. P. M. **A Robótica como Auxílio à Aprendizagem da Matemática: percepções de uma professora do Ensino Fundamental Público**. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014, 75 p.

RODRIGUES, W. S. **Atividades com robótica educacional para as aulas de matemática do 6º ao 9º Ano do Ensino Fundamental: utilização da metodologia LEGO Zoom Education**. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2015, 106 p.

RÜDELL, A. C. **Assimilação de conceitos relacionados a triângulos e quadriláteros através da robótica educativa**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2019, 108 p.

TIKHOMIROV, O. K. **The psychological consequences of computerization**. In: WERTSCH, J. V. **The concept of activity in soviet psychology**. New York: M. E. Sharpe Inc., 1981.

SANTOS, M. E. **Ensino das Relações Métricas do Triângulo Retângulo com Robótica Educacional**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, 2016, 197 p.

SILVA, A. F. **RoboEduc: uma metodologia de aprendizado com Robótica Educacional**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2009.

STEFFEN, H. H. **Robótica pedagógica na Educação: um recurso de comunicação, regulamentação e cognição**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Comunicação) – Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciências da Comunicação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002, 113 p. Disponível em <<https://repositorio.usp.br/item/001254989>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

VALENTE, J. A. (org). **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: UNICAMP/NIED, 1999.

VALENTE, J. A. (Org). **Computadores e conhecimento: repensando a educação**. 1 ed. Campinas: Gráfica Central da UNICAMP, 1993.

VALENTE, J. A. **Inovação nos processos de ensino e de aprendizagem: o papel das tecnologias digitais**. In: VALENTE, J. A.; FREIRE, F. M. P.; ARANTES, F. L. **Tecnologia e Educação: passado, presente e o que está por vir**. São Paulo: NIED, 2018, p.17-41.

VALENTE, J. A.; VALENTE, A. B. Vídeo (1h30 min). Construcionismo e aprendizagem criativa no Brasil. **Publicado pelo canal da Rede Brasileira de Aprendizagem Criativa**, 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=JL0wU8vkyaQ&t=2794s>>. Acesso em 23 set 2020.

ZILLI, S. R. **A Robótica Educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. Florianópolis, 2004. 89 p.

WILDNER, M.C.S. **Robótica Educativa: um recurso para o estudo de Geometria Plana no 9º ano do Ensino Fundamental**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015, 155 p.