

**CONEXÕES ENTRE COGNIÇÃO CORPORIFICADA, TECNOLOGIAS DIGITAIS E
CONHECIMENTO MATEMÁTICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA
EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

**CONNECTIONS BETWEEN EMBODIED COGNITION, DIGITAL TECHNOLOGIES
AND MATHEMATICAL KNOWLEDGE: A SYSTEMATIC REVIEW OF
MATHEMATICS EDUCATION LITERATURE**

**CONEXIONES ENTRE LA COGNICIÓN CORPORIZADA, LAS TECNOLOGÍAS
DIGITALES Y EL CONOCIMIENTO MATEMÁTICO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA
DE LA LITERATURA EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA**

ALTOÉ, Renan Oliveira¹

FREITAS, Rony Cláudio de Oliveira²

RESUMO

Este artigo apresenta uma Revisão Sistemática de Literatura, em âmbito nacional e internacional, que analisou como a Cognição Corporificada tem figurado nas pesquisas em Educação Matemática, com destaque aos Recursos Tecnológicos e aos Conhecimentos Matemáticos presentes nesse campo de estudo. Procedeu-se um estudo qualitativo, seguindo fases e etapas de extração e análise de pesquisas nas seguintes Bases de Dados: Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (T&D); Scientific Electronic Library Online (SCIELO); International Publisher Science, Technology, Medicine (SPRINGER); Portal Periódicos CAPES; Directory of Open Access Journals (DOAJ); Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e Educational Resources Information Center (ERIC). A seleção e as análises foram realizadas por meio da planilha BUSCA^d v. 2.6.0, uma ferramenta desenvolvida no Microsoft Excel® com funcionalidade de importação e tratamento de dados de revisão de literatura. As análises revelaram diferentes enfoques

¹ Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes. Vila Velha, ES. Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3634-4166>. E-mail: renan.o.altoe@gmail.com.

² Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes. Vitória, ES. Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9044-3109>. E-mail: freitasrco@gmail.com.

DOI: 10.12957/e-mosaicos.2023.71333

da Cognição Corporificada: Simulação Corporificada, Metáforas, Gestos, Enunciados Multimodais, Movimentos Livres das Mãos, entre outros, sendo as pesquisas em Movimentos das Mãos as que mais se sobressaíram na área. Os Recursos Tecnológicos utilizados nas investigações foram distintos: Computadores, Tablet, Sensores de Movimento, Celulares/Smartphones, entre outros, figurando em maior quantidade a utilização de Computadores. Por sua vez, diferentes Conhecimentos Matemáticos dos campos da Trigonometria, da Geometria, da Aritmética, entre outros, foram alvo de investigação, sendo as discussões sobre Números e Operações ainda prematuras na área. Essas evidências possibilitam vislumbrar novos rumos para as pesquisas em Cognição Corporificada, apresentando avanços científicos a respeito da relevância da participação do corpo no ensino e na aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Revisão sistemática; Cognição corporificada; Tecnologias digitais; Educação matemática.

ABSTRACT

This article presents a Systematic Literature Review, nationally and internationally, which analyzed how the Embodied Cognition has figured in research in Mathematics Education, with emphasis on Technological Resources and Mathematical Knowledge present in this field of study. A qualitative study was carried out, following phases and stages of extraction and analysis of research in the following Databases: Catalog of CAPES Theses and Dissertations (T&D); Scientific Electronic Library Online (SCIELO); International Publisher Science, Technology, Medicine (SPRINGER); Portal Periódicos CAPES; Directory of Open Access Journals (DOAJ); Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD) and Educational Resources Information Center (ERIC). The selection and analyses were performed using the BUSCAD v. 2.6.0 spreadsheet, a tool developed in Microsoft Excel® with functionality to import and process literature review data. The analyses revealed different approaches to Embodied Cognition: Corporified Simulation, Metaphors, Gestures, Multimodal Enunciates, Free Hand Movements, among others, being the research on Hand Movements the most outstanding in the area. The Technological Resources used in the research were distinct: Computers, Tablet, Motion Sensors, Cell Phones/Smartphones, among others, with the use of Computers figuring in the greatest amount. On the other hand, different Mathematical Knowledge from the fields of Trigonometry, Geometry, Arithmetic, among others, were investigated, and the discussions about Numbers and Operations are still premature in the area. This evidence

DOI: 10.12957/e-mosaicos.2023.71333

allows us to glimpse new directions for research in Embodied Cognition, presenting scientific advances regarding the relevance of the participation of the body in teaching and learning.

KEYWORDS: Systematic review; Embodied cognition; Digital technologies; Mathematics education.

RESUMEN

Este artículo presenta una Revisión Sistemática de la Literatura, a nivel nacional e internacional, en la que se analiza cómo la Cognición Corporizada ha figurado en las investigaciones en Educación Matemática, con énfasis en los Recursos Tecnológicos y el Conocimiento Matemático presentes en este campo de estudio. Se realizó un estudio cualitativo, siguiendo las fases y etapas de extracción y análisis de la investigación en las siguientes Bases de Datos: Catálogo de Tesis y Disertaciones de CAPES (T&D); Scientific Electronic Library Online (SCIELO); International Publisher Science, Technology, Medicine (SPRINGER); Portal Periódicos CAPES; Directory of Open Access Journals (DOAJ); Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD) y Educational Resources Information Center (ERIC). La selección y los análisis se llevaron a cabo mediante la hoja de cálculo BUSCAD v. 2.6.0, una herramienta desarrollada en Microsoft Excel® con funcionalidad para importar y procesar los datos de la revisión de la literatura. Los análisis revelaron diferentes enfoques de la Cognición Corporizada: Simulación Corporizada, Metáforas, Gestos, Enunciados Multimodales, Movimientos de Mano Libre, entre otros. Los recursos tecnológicos utilizados en las investigaciones fueron distintos: Ordenadores, Tablet, Sensores de Movimiento, Teléfonos Móviles/Smartphones, entre otros, figurando en mayor cantidad el uso de Ordenadores. A su vez, se investigaron diferentes conocimientos matemáticos de los campos de la Trigonometría, Geometría, Aritmética, entre otros, siendo las discusiones sobre Números y Operaciones aún prematuras en el área. Estas evidencias permiten vislumbrar nuevos rumbos para las investigaciones en Cognición Corporizada, presentando avances científicos respecto a la relevancia de la participación del cuerpo en la enseñanza y el aprendizaje.

PALABRAS-CLAVE: Revisión sistemática; Cognición corporizada; Tecnologías digitales; Educación matemática.

INTRODUÇÃO

No intuito de aprofundar fenômenos relacionados ao ensino e à aprendizagem, pesquisadores em Educação Matemática têm explorado bases teóricas diversas, inclusive da Neurociência, na tentativa de examinar a natureza do pensamento e da aprendizagem matemática, cujo movimento tem sinalizado para estudos que envolvem Matemática e Cognição Corporificada (KRAUSE, 2016; HENRIQUE, 2017; KELTON; Ma, 2018; BAIARRAL, 2020; FERREIRA, 2021; KOPCHA; OCAK; QIAN, 2021). Têm-se descoberto resultados promissores sobre a participação do corpo (e seus movimentos) no processo de aprendizagem matemática, desvelando que o cérebro e o restante do corpo constituem um organismo indissociável e que a produção de conhecimento não é exclusiva das capacidades neurais de nossos cérebros, mas da natureza de nossos corpos e das experiências trazidas por eles, sendo as comunicações mútuas entre cérebro e corpo os alicerces na criação de representações e movimentos na descrição de uma situação (DAMÁSIO, 2012).

Embrenhar-se nesse campo de estudo é denunciar que o corpo participa do processo de aprendizagem matemática, evidenciando que aprender não é exclusivo de nossas vias visuais e auditivas, ligadas a alguns órgãos sensoriais, mas que o corpo figura nas reflexões sobre o pensamento matemático (FREITAS; SINCLAIR, 2014). Nessa perspectiva, a aprendizagem é uma experiência corporificada de modos de ser e estar, de agir e pensar no mundo, de modo que o processo de conhecer perpassa pelas multimodalidades do corpo.

Debruçar-se sobre essa temática exige uma compreensão acerca do progresso da ciência que conduz, imprescindivelmente, à apuração do estado cumulativo do conhecimento científico, em um movimento dinâmico e reflexivo, que deve ser pautado em um processo sistemático, transparente, histórico e renovador, denunciando o estado atual da pesquisa científica. Nesse sentido, reconhece-se, na Revisão Sistemática de Literatura, o caminho promissor para se compreender os avanços ou entraves relativos à Cognição Corporificada, de modo que seja possível delinear problemáticas, objetivos e percursos investigativos entorno da área.

Portanto, este artigo³ apresenta uma Revisão Sistemática de Literatura, em âmbito nacional e internacional, que analisou como a Cognição Corporificada tem figurado nas pesquisas em Educação Matemática, com destaque aos Recursos Tecnológicos e aos Conhecimentos Matemáticos. De natureza qualitativa, os dados foram produzidos e analisados por meio da planilha BUSCAD v. 2.6.0⁴ que é uma ferramenta desenvolvida no Microsoft Excel® com funcionalidade de importação e tratamento de dados para realização de revisão de literatura. Seguiu-se fases e etapas delineadas por Petticrew e Roberts (2006), transparecendo a seriedade do processo de desenvolvimento, análise, escrita e publicação dos achados.

1. COGNIÇÃO CORPORIFICADA, TECNOLOGIAS DIGITAIS E MATEMÁTICA: UMA PERSPECTIVA “CORPO-MÍDIAS-MATEMÁTICA”

As interações sociais, sejam elas entre sujeitos-sujeitos ou sujeitos-objetos, realizadas nos atos de conhecer⁵ revelam que as experiências no mundo físico não são puramente abstratas, mas corporais. Interagir é condição fundamental que marca, gradativamente, uma gama de comportamentos individuais e coletivos que se manifestam por meio de diferentes modos de comunicar, conhecer e relacionar, mostrando que “[...] nossos corpos executam uma surpreendente variedade de ações” (TVERSKY, 2019, p. 19, tradução nossa). Assim, Gerofsky (2014) aponta que o corpo está inserido como parte de um ecossistema no mundo real, como coadjuvantes do mundo virtual, como parte do mundo físico, como fonte de evidência de aprender e comunicar processos inconscientes e como

³ Trata-se de um recorte de uma Tese de Doutorado Profissional que se encontra em andamento no Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (Educimat) do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), Campus Vila Velha – ES, em desenvolvimento pelo primeiro autor e sob orientação do segundo.

⁴ A planilha BUSCAD v. 2.6.0, que é uma versão mais atual da ferramenta, tem potencial de desenvolvimento e análise em processos de revisão de literatura, possibilitando que o investigador quantifique estudos em diferentes Bases de Dados, analise-os com fatores de impactos, critérios de inclusão/exclusão e gráficos. Maiores detalhes sobre a ferramenta podem ser acessados no seguinte endereço eletrônico: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/saladeaula/article/view/1206>.

⁵ Refere-se ao ato de apreender propriedades de objetos por meio da experiência, da abstração, que se fundamentam em processos cognitivos cujo conhecimento é característica do sujeito que conhece.

recurso para uma pedagogia consciente, mostrando que o corpo, como denuncia Damásio (2004), compreende nosso pensamento, nossos sentimentos e nosso agir.

Nesse caminhar, “[...] quando vemos, ouvimos, tocamos, saboreamos ou cheiramos, o corpo e o cérebro participam na interação com o meio ambiente [...]” (DAMÁSIO, 2012, p. 201), reforçando o entendimento de que a produção de conhecimento não é exclusiva das capacidades neurais do cérebro, mas da natureza dos corpos e das experiências trazidas por eles, sendo as comunicações mútuas entre cérebro e corpo alicerces na criação de representações e movimentos na descrição de uma situação (DAMÁSIO, 2012). Essa constatação, realizada pelo respeitado neurocientista, alerta para a necessidade de olharmos cuidadosamente para o corpo como característica fundamental no processo de aprendizagem (BOALER et al., 2016).

A discussão sobre o papel do corpo na aprendizagem é alvo de estudo de um campo da Neurociência, chamado Cognição Corporificada ou Embodied Cognition, e que tem proporcionado diferentes reflexões na Educação Matemática a respeito dos movimentos do corpo como reveladores do pensamento. Nessa ótica, o conhecimento matemático tem sido compreendido a partir de diferentes modos de expressão, seja a partir de falas e outras verbalizações, escritas (palavras, símbolos e gráficos) e gestos, até a interação física estabelecida com objetos no mundo ou com objetos virtuais (aparatos tecnológicos digitais). Considerar essa multimodalidade⁶ na corporificação é afirmar que “[...] o pensamento matemático não está desconectado da experiência física, mas, em última instância, baseado nela” (ROBUTTI; EDWARDS; FERRARA, 2012, p. 27, tradução nossa).

A participação do corpo no desenvolvimento do pensamento matemático tem possibilitado defender que o cérebro e o restante do corpo constituem um organismo indissociável e ambos são responsáveis pelas operações fisiológicas denominada como mente (DAMÁSIO, 2012). Esse posicionamento revela que o cérebro e corpo não estão em patamares diferentes na interação com o ambiente, nem mesmo o primeiro é apenas “[...] fonte de abstrações que transmite conhecimento para o corpo, receptor passivo e mero executor físico” (BOALER et al., 2016, p. 7). Dessa forma, o corpo não se configura como um reproduzidor de comandos do cérebro, mas participa ativamente no processo de aprendizagem, cujo conhecimento, segundo Edwards (2011), está profundamente

⁶ Robutti, Edwards e Ferrara (2012) afirmam que a multimodalidade são recursos culturais, sociais e corporais disponíveis para receber, criar e expressar significado.

radicado na existência física, corporificada.

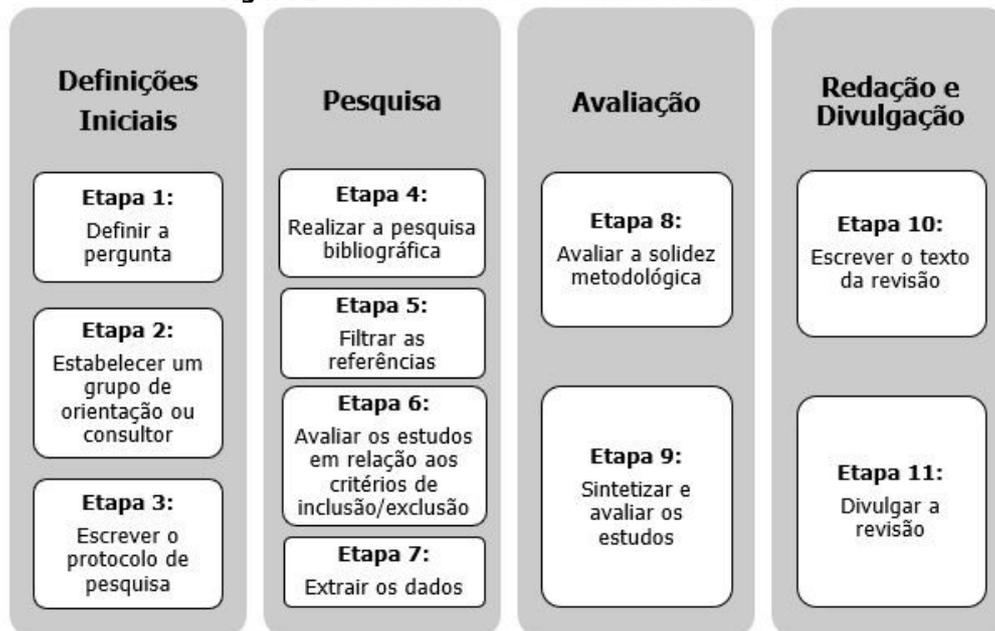
Sendo assim, especialmente, quando se investiga as relações entre Cognição Corporificada, Tecnologias Digitais e Conhecimento Matemático se acredita no poder da interação “corpo-mídias-matemática” que, segundo Scheffer (2002), valoriza o ser humano na sala de aula, em suas expressividades, num movimento de diálogo e presença, contribuindo para o pensar matemático, a partir de uma nova perspectiva de ensino e aprendizagem que valoriza a multimodalidade nas formas de pensar e agir em tarefas matemáticas. A valorização do corpo no ensino e na aprendizagem de matemática é característica fundamental e geradora de experiências educativas, que contribui na produção e compreensão de conhecimentos matemáticos, constituindo diferentes relações, sendo elas amigáveis, acolhedoras, perturbadoras ou não.

2. REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA: OLHARES QUE TECEM HORIZONTES

Petticrew e Roberts (2006) afirmam que a Revisão Sistemática de Literatura se estrutura como um conjunto de métodos científicos estabelecidos e utilizados para sintetizar as produções relevantes em uma determinada área, contando com um método rigorosamente explícito, formal e reprodutível de extração e divulgação dos resultados, minimizando a possibilidade de viés do pesquisador nos seus resultados. Assim, ela é “[...] um método de mapear áreas de incerteza e identificar onde pouca ou nenhuma pesquisa relevante foi feita, mas onde novos estudos são precisos” (PETTICREW e ROBERTS, 2006, p. 2).

Nessa linha de ação, esta revisão consiste de um trabalho rico em dados descritivos, com planejamento sistemático e complexo de análise das principais publicações científicas já realizadas, revestidas de importância e que são capazes de subsidiar a construção de novos rumos investigativos envolvendo Cognição Corporificada, Tecnologias Digitais e Conhecimento Matemático. Para tal processo, Petticrew e Roberts (2006) apresentam etapas que orientam o processo de desenvolvimento, análise, escrita e publicação de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), conforme Fig. 1.

Figura 1 – Fases da Revisão Sistemática de Literatura



Fonte: Adaptado de Petticrew e Roberts (2006)

Em busca de aclarar os rumos desta revisão, priorizou-se pela utilização das nomenclaturas das fases e etapas na arquitetura das subseções, apresentando as ações, os dados produzidos e as análises.

2.1 DEFINIÇÕES INICIAIS

2.1.1 ETAPA 1: DEFINIR A PERGUNTA

A primeira etapa consiste em especificar claramente a(s) pergunta(s) a serem respondida pela revisão (PETTICREW; ROBERTS, 2006). Assim, esta revisão buscou responder às seguintes questões:

1) Sob qual(is) enfoque(s) a Cognição Corporificada tem figurado nas pesquisas em Educação Matemática?

2) Acerca de qual(is) objeto(s) matemático(s) têm sido desenvolvidas as pesquisas em Cognição Corporificada na Educação Matemática?

3) Com suporte de qual(is) recurso(s) tecnológico(s) digital(is) têm sido desenroladas as pesquisas em Cognição Corporificada na Educação Matemática?

2.1.2 ETAPA 2: ESTABELECEER UM GRUPO DE ORIENTAÇÃO OU CONSULTOR

Esta etapa consiste na formação de um grupo diretor (Comitê de Avaliação) que poderá atuar na realização das análises da revisão e aconselhar sobre o protocolo a ser construído (PETTICREW; ROBERTS, 2006). Sendo assim, o grupo foi composto pelo Pesquisador e Orientador desta investigação, por serem sujeitos habilitados, por formação e conhecimento acerca da temática, capacitando-lhes a tomar as decisões necessárias no percurso da revisão, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Funções dos Integrantes do Comitê de Avaliação

Integrante	Funções
Pesquisador	Foram dadas as seguintes funções: i) Idealizar as etapas da revisão; ii) Realizar as análises em todas as etapas da revisão; e iii) Escrever as análises em todas as etapas da revisão.
Orientador	Foram dadas as seguintes funções: i) Avaliar o protocolo da revisão; ii) Avaliar a consistência das análises em todas as etapas da revisão; e iii) Acompanhar o percurso da revisão.

Fonte: Elaborado pelos autores

2.1.3 ETAPA 3: ESCREVER O PROTOCOLO DE PESQUISA

Esta etapa se concentra na escrita do protocolo de revisão, que apresenta os métodos, técnicas e ferramentas, os tipos de estudos que o pesquisador pretende localizar e por quais meios esses estudos serão avaliados e sintetizados (PETTICREW; ROBERTS, 2006). Nessa perspectiva, construiu-se um protocolo com elementos organizacionais e

DOI: 10.12957/e-mosaicos.2023.71333

procedimentais que movimentaram as buscas, extrações e análises no decurso da revisão, aprovado pelo Comitê de Avaliação, conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Protocolo de Revisão Sistemática da Literatura

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS
<p>Elementos de Importação e Processamento</p>	<p>Termos de Busca: “Cognição Corporificada”, “Matemática Corporificada”, “Educação Matemática”, “Embodied Cognition”, “Embodied Mathematics” e “Mathematics Education”.</p> <p>Bases de Dados: Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (T&D); Scientific Electronic Library Online (SCIELO); International Publisher Science, Technology, Medicine (SPRINGER); Portal Periódicos CAPES; Directory of Open Access Journals (DOAJ); Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Educational Resources Information Center (ERIC).</p> <p>Operador Booleano: As strings foram construídas a partir dos Termos de Busca, agrupados por meio do operador booleano “AND”.</p> <p>Recursos Tecnológicos: Planilha BUSCAD v.2.6.0</p>
<p>Crítérios de Elegibilidade dos Estudos</p>	<p>Crítérios Técnicos Primários: 1) Citações: qualquer número de citações; 2) Autores: qualquer número de autores; 3) Idioma: português e inglês; 4) Recorte temporal: 2004 a 2022⁷; 5) Tipologia: Tese, Dissertação e Artigo Científico; 6) Fator de Impacto (FI): Google h-5: $h-5 \geq 10$; e 7) Total de Termos de Busca (TTB)⁸: $TTB \geq 1$.</p>

⁷ Entende-se que o ano de 2004 foi o marco do advento da internet rápida, contribuindo para o surgimento de tecnologias digitais, como celulares, *tablets* e *laptop* (BORDA; SILVA; GADANIDIS, 2015) e que o desenvolvimento acelerado dos recursos tecnológicos tem influenciado de maneira expressiva as pesquisas em Educação Matemática.

⁸ Corresponde ao total de vezes que os Termos de Busca apareceram no título e no resumo de cada estudo. Nesta revisão, foram contabilizados apenas os termos: “Cognição Corporificada”, “Matemática Corporificada”, “*Embodied Cognition*” e “*Embodied Mathematics*”.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS
	Critérios Técnicos Secundários (Inclusão/Exclusão): 1) Utiliza tecnologias digitais no ensino e aprendizagem de matemática; 2) Articula a cognição corporificada na análise de dados; 3) É uma pesquisa desenvolvida com estudantes da educação básica; e 4) É uma pesquisa de natureza qualitativa.
Procedimentos de Seleção de Estudos	Procedimento 1: Aplicação das strings nas Bases de Dados, atendendo aos itens 1 e 2 dos Critérios Técnicos Primários. Procedimento 2: Aplicação dos itens 3, 4, 5, 6 e 7 dos Critérios Técnicos Primários. Procedimento 3: Aplicação dos Critérios Técnicos Secundários (Inclusão/Exclusão).
Elementos da Extração dos Dados	Foram extraídos os seguintes dados de cada estudo aprovado na revisão: 1) Código ⁹ ; 2) Objetivo Geral; 3) Principais Aspectos Metodológicos; 4) Enfoque da Cognição Corporificada; 5) Objeto Matemático; 6) Recurso Tecnológico Digital; e 7) Resultados Finais.
Estratégia de Análise	Os estudos aprovados na revisão foram analisados qualitativamente.

Fonte: Elaborado pelos autores

2.2 PESQUISA

2.2.1 ETAPA 4: REALIZAR A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Esta etapa se concentra na busca pelos estudos que podem ser suficientes para responder às questões elaboradas na Etapa 1 (PETTICREW; ROBERTS, 2006). Os autores afirmam que eles podem ser rastreados em Base de Dados Eletrônica,

⁹ É um código gerado para identificar os estudos. A decodificação é feita pela aglutinação da vogal “E” (de Estudo), acrescida de numeração indo-arábica (1, 2, 3, 4, ...), que indica o número do estudo em uma sequência. Por exemplo, o estudo “E4” é o quarto estudo de uma totalidade selecionada.

DOI: 10.12957/e-mosaicos.2023.71333

Bibliografias, Capítulo de Livros e Anais de Conferências. Dessa forma, processou-se o Componente do Protocolo Procedimentos de Seleção de Estudos, especificamente o Procedimento 1. Utilizou-se as strings construídas a partir dos Termos de Buscas, registrados no Componente do Protocolo Elementos de Importação e Processamento, conectados a partir do operador booleano “AND”. O Quadro 3 elucida o registro quantitativo de trabalhos localizados em cada Base de Dados Eletrônica, minerados por meio da planilha BUSCAD v.2.6.0 no dia 27 de janeiro de 2021.

Quadro 3 - Registro Quantitativo da Busca nas Bases de Dados Eletrônicas

Idioma	Strings	Base de Dados							Total
		T&D	Scielo	Springer	Periódicos CAPES	DOAJ	BDTD	ERIC	
Português	“Cognição Corporificada” AND “Educação Matemática”	12	0	0	4	2	5	0	23
	“Matemática Corporificada” AND “Educação Matemática”	0	0	0	1	0	0	0	1
Inglês	“ <i>Embodied Cognition</i> ” AND “ <i>Mathematics Education</i> ”	1	0	385	228	6	0	26	646
	“ <i>Embodied Mathematics</i> ” AND “ <i>Mathematics Education</i> ”	0	0	91	48	0	0	11	150

Fonte: Elaborado pelos autores

Essa estratificação inicial contabilizou 820 estudos, incluindo: Teses, Dissertações, Livros, Capítulos de Livros e Artigos Científicos. Após comparação entre título e instituição/periódico, por meio da planilha BUSCAAd v.2.6.0, identificou-se 159 estudos duplicados. Sendo assim, foram considerados remanescentes 661 estudos que seguiram para a Etapa 5.

2.2.2 ETAPA 5: FILTRAR AS REFERÊNCIAS

A pesquisa retorna centenas ou milhares de referências, geralmente com seus resumos, e que precisam ser peneiradas para a próxima etapa (PETTICREW; ROBERTS, 2006). Para tanto, executou-se o Procedimento 2, na planilha BUSCAAd v.2.6.0, registrado no Componente do Protocolo Procedimentos de Seleção de Estudos. Entraram para a filtragem todos os 661 estudos aprovados na etapa imediatamente anterior, dos quais 604 foram excluídos, restando 57 estudos, conforme Quadro 4.

Quadro 4 - Registro dos Estudos Remanescentes da Aplicação dos Filtros

No	Base	Título
1	CAPES T&D	Uma contribuição à educação gráfica baseada na teoria da cognição corporificada
2	CAPES T&D	Corporeidade e gráficos cartesianos: a variável tempo em fenômenos periódicos
3	CAPES T&D	Esculturas matemáticas: atividades para o estudo da integral dupla
4	CAPES T&D	A experiência matemática no universo dos jogos digitais: o processo de jogar e o raciocínio lógico e matemático
5	CAPES T&D	Discursos sobre continuidade de funções reais de variável real em ambiente virtual colaborativo: uma perspectiva da cognição corporificada
6	CAPES	Potencialidades didático-pedagógicas para um objeto de

No	Base	Título
	T&D	aprendizagem: uma análise através da teoria da cognição corporificada para o ensino de trigonometria
7	CAPES T&D	O aplicativo multibase e bases numéricas diversas: um estudo sobre a contribuição dos gestos na aprendizagem
8	CAPES T&D	Transformações no plano: alunos do ensino médio interagindo em ambiente colaborativo virtual
9	CAPES T&D	Reflexão sobre a prática: argumentos e metáforas no discurso de um grupo de professores de cálculo
10	CAPES T&D	Elaborando e lendo gráficos cartesianos que expressam movimento: uma aula utilizando sensor e calculadora gráfica
11	CAPES T&D	Um ambiente colaborativo à distância: licenciandos dialogando sobre os infinitos
12	CAPES T&D	Sentidos de percepção e educação matemática: geometria dinâmica e ensino de funções com auxílio de representações dinâmicas
13	BDTD	Argumentos e metáforas conceituais para a taxa de variação
14	BDTD	Um olhar sobre as ideias matemáticas em um curso de cálculo: a produção de significados para a continuidade
15	BDTD	O ensino do conceito de funções em um ambiente tecnológico: uma investigação qualitativa baseada na teoria fundamentada sobre a utilização de dispositivos móveis em sala de aula como instrumentos mediáticos da aprendizagem
16	SPRINGER	The contribution of ernst mach to embodied cognition and mathematics education
17	SPRINGER	Support of mathematical thinking through embodied cognition: nondigital and digital approaches
18	SPRINGER	Editorial: preface to the special issue on embodied cognition

No	Base	Título
		and technology for learning
19	SPRINGER	Embodied cognition: somatic markers, purposes and emotional orientations
20	SPRINGER	Mathematical imagination and embodied cognition
21	SPRINGER	Applying embodied cognition: from useful interventions and their theoretical underpinnings to practical applications
22	SPRINGER	In search of assessment shifts in embodied learning science research: a review
23	SPRINGER	Developing number sense with fingus: a preschooler's embodied mathematics during interactions with a multi-touch digital game
24	SPRINGER	Reconfiguring mathematical settings and activity through multi-party, whole-body collaboration
25	SPRINGER	Conceptual blending as an interpretive lens for student engagement with technology: exploring celestial motion on an interactive whiteboard
26	SPRINGER	Learning and expertise with scientific external representations: an embodied and extended cognition model
27	SPRINGER	Analyzing children's computational thinking through embodied interaction with technology: a multimodal perspective
28	SPRINGER	Embodied learning: introducing a taxonomy based on bodily engagement and task integration
29	SPRINGER	Using dynamic geometry software to explore eigenvectors: the emergence of dynamic-synthetic-geometric thinking
30	SPRINGER	Metaphors in mathematics classrooms: analyzing the dynamic process of teaching and learning of graph functions

No	Base	Título
31	SPRINGER	Knowing, insight learning, and the integrity of kinetic movement
32	SPRINGER	Algebraic manipulation as motion within a landscape
33	SPRINGER	Bringing forth mathematical concepts: signifying sensorimotor enactment in fields of promoted action
34	SPRINGER	Introduction to the special issue on spatial learning and reasoning processes
35	Periódicos CAPES	An embedded and embodied cognition review of instructional manipulatives
36	Periódicos CAPES	On the science of embodied cognition in the 2010s: research question research questions, appropriate, reductionism, and testable explanations
37	Periódicos CAPES	Grounded and embodied mathematical cognition: promoting mathematical insight and proof using action and language
38	Periódicos CAPES	What we say and how we do: action, gesture, and language in proving
39	Periódicos CAPES	Action-based embodied design for mathematics learning: a decade of variations on a theme
40	Periódicos CAPES	Fostering embodied coherence: a study of the relationship between learners' physical actions and mathematical cognition
41	Periódicos CAPES	Embodied cognition and stem learning: overview of a topical collection in CR:PI
42	Periódicos CAPES	How design features in digital math games support learning and mathematics connections
43	Periódicos CAPES	Embodied geometric reasoning: dynamic gestures during intuitio

No	Base	Título
44	Periódicos CAPES	Conceptual metaphor and embodied cognition in science learning: introduction to special issue
45	Periódicos CAPES	When the classroom floor becomes the complex plane: addition and multiplication as ways of bodily navigation
46	Periódicos CAPES	Exploring the practicing-connections hypothesis: using gesture to support coordination of ideas in understanding a complex statistical concept
47	Periódicos CAPES	To disagree, we must also agree: how intersubjectivity structures and perpetuates discourse in a mathematics classroom
48	Periódicos CAPES	Incarnation: radicalizing the embodiment of mathematics
49	Periódicos CAPES	Designing pedagogically effective haptic systems for learning: a review
50	Periódicos CAPES	Where's the body? reconsidering the concept of pedagogical content knowledge through research in music education with dutch specialist preschool music teachers
51	Periódicos CAPES	The autonomic nervous system differentiates between levels of motor intent and end effector
52	Periódicos CAPES	Material encounters and media events: what kind of mathematics can a body do?
53	Periódicos CAPES	The development of embodied representations of numerical understanding through gameplay
54	DOAJ	Maths at two years: looking for theories to interpret child activity and teaching practices
55	DOAJ	Complexity, emergence and embodied cognition in education
56	ERIC	On the science of embodied cognition in the 2010s: research questions, appropriate reductionism, and testable explanations

No	Base	Título
57	ERIC	Interpreting motion graphs through metaphorical projection of embodied experience

Fonte: Elaborado pelos autores

Esses estudos foram encaminhados para a avaliação em relação aos critérios de inclusão/exclusão, na Etapa 6, passando por uma leitura criteriosa e aprofundada de cada trabalho.

2.2.3. ETAPA 6: AVALIAR OS ESTUDOS EM RELAÇÃO AOS CRITÉRIOS DE INCLUSÃO/EXCLUSÃO

Nesta etapa, os estudos claramente irrelevantes já foram excluídos, mas podem restar muitas investigações que precisam ser eliminadas com segurança após passarem por um exame mais aprofundado do resumo e, se necessário, do corpo do texto (PETTICREW; ROBERTS, 2006). De acordo com os autores, é necessário examiná-los para determinar se atendem aos critérios de inclusão/exclusão da revisão. Assim, analisou-se cada um dos 57 estudos aprovados na Etapa 5, por meio da execução do Procedimento 3, vinculado ao Componente do Protocolo Procedimentos de Seleção de Estudos.

Para realização das análises, todos os estudos foram arquivados no formato *Portable Document Format* (PDF) e analisados na planilha BUSCA_d v.2.6.0, na aba de Seleção Qualificada, na qual foram inseridos os Critérios Técnicos Secundários (Inclusão/Exclusão), do Componente do Protocolo Critérios de Elegibilidade dos Estudos, e uma Escala de Incidência [(1) Discordo Totalmente; (2) Discordo; (3) Não estou decidido; (4) Concordo; e (5) Concordo Totalmente]. O processo de análise retornou uma Média Aritmética (Ma) para cada investigação, calculada com base nas pontuações registradas da Escala de Incidência em cada Critério Técnico Secundário (Inclusão/Exclusão). A partir desse processo, foram considerados aprovados os estudos com $Ma \geq 4,0$, conforme Quadro 5, seguindo para a próxima etapa.

Quadro 5 - Estudos Aprovados na Seleção Qualificada

Nº	Base	Ano	Autor(es)	Título	Periódico/ Instituição / Obra	Tipologia	Ma
2	CAPES T&D	2013	Wellerson Quintaneiro da Silva	Corporeidade e gráficos cartesianos: a variável tempo em fenômenos periódicos	Universidade Anhanguera de São Paulo	Tese	Ma (4,75)
6	CAPES T&D	2010	Douglas Ferreira Goios	Potencialidades didático-pedagógicas para um objeto de aprendizagem : Uma análise através da teoria da cognição corporificada para o ensino de trigonometria	Universidade Anhanguera de São Paulo	Dissertação	Ma (4,75)

Nº	Base	Ano	Autor(es)	Título	Periódico/ Instituição / Obra	Tipologia	Ma
7	CAPEs T&D	2021	Késia Alves Penna Ferreira	O aplicativo multibase e bases numéricas diversas: um estudo sobre a contribuição dos gestos na aprendizagem	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo	Dissertação	Ma (5,0)
8	CAPEs T&D	2014	Andreia Carvalho Maciel Barbosa	Transformações no plano: alunos do ensino médio interagindo em ambiente colaborativo virtual	Universidade Anhanguera de São Paulo	Tese	Ma (4,75)
10	CAPEs T&D	2007	Renan Faria	Elaborando e lendo gráficos cartesianos que expressam movimento: uma aula utilizando sensor e calculadora gráfica	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo	Dissertação	Ma (4,75)

Nº	Base	Ano	Autor(es)	Título	Periódico/ Instituição / Obra	Tipologia	Ma
15	BDTD	2015	Vanessa Pinheiro Ladeira	O ensino do conceito de funções em um ambiente tecnológico: uma investigação qualitativa baseada na teoria fundamentada sobre a utilização de dispositivos móveis em sala de aula como instrumentos mediáticos da aprendizagem	Universidade Federal de Ouro Preto	Dissertação	Ma (4,0)
20	SPRINGER	2009	Ricardo Nemirovsky e Francesca Ferrara	Mathematical imagination and embodied cognition	Education Studies in Mathematics	Artigo Científico	Ma (4,5)
23	SPRINGER	2020	Stephen I. Tucker e Teri N. Johnson	Developing number sense with finger: a preschooler's embodied mathematics during interactions with a multi-touch digital game	Mathematics Education Research Journal	Artigo Científico	Ma (5,0)

Nº	Base	Ano	Autor(es)	Título	Periódico/ Instituição / Obra	Tipologia	Ma
24	SPRINGER	2018	Molly L. Kelton e Jasmine Y. Ma	Reconfiguring mathematical settings and activity through multi-party, whole-body collaboration	Education Studies in Mathematics	Artigo Científico	Ma (4,0)
27	SPRINGER	2021	Theodore J. Kopcha, Ceren Ocak e Yingxiao Qian	Analyzing children's computational thinking through embodied interaction with technology: a multimodal perspective	Educational Technology Research and Development	Artigo Científico	Ma (4,5)
31	SPRINGER	2011	Alfredo Bautista, Wolff-Michael Roth e Jennifer S.Thom	Knowing, insight learning, and the integrity of kinetic movement	Interchange	Artigo Científico	Ma (4,0)
33	SPRINGER	2014	Dor Abrahamson e Dragan Trninic	Bringing forth mathematical concepts: signifying sensorimotor enactment in fields of promoted action	ZDM	Artigo Científico	Ma (5,0)
42	Periódicos CAPES	2019	Patricia S. Moyer-Packenham <i>et al.</i>	How design features in digital math games support learning and mathematics connections	Computers in Human Behavior	Artigo Científico	Ma (4,75)

Nº	Base	Ano	Autor(es)	Título	Periódico/ Instituição / Obra	Tipologia	Ma
57	ERIC	2006	Galit Botzer e Michal Yerushalmy	Interpreting motion graphs through metaphorical projection of embodied experience	International Journal of Science and Mathematics Education	Artigo Científico	Ma (4,75)

Fonte: Elaborado pelos autores

Após análise dos critérios de inclusão/exclusão, foram identificados 14 estudos que possuem contribuições relevantes para área de estudo desta revisão e que seguiram para a próxima etapa.

2.2.4 ETAPA 7: EXTRAIR OS DADOS

Petticrew e Roberts (2006) denotam que as revisões sistemáticas adotam uma abordagem formal e sistemática de extração das informações relevantes. Assim, pode-se descrever a população, os detalhes da intervenção, os resultados de interesse e as informações metodológicas relevantes, dentre outras informações (PETTICREW; ROBERTS, 2006). Além disso, para os mesmos autores, a extração também envolve a elaboração de uma tabela detalhada que descreve todos os estudos, revisados em detalhes, aprovados nos critérios de inclusão/exclusão. Nesse sentido, procedeu-se o Componente do Protocolo Elementos da Extração dos Dados em cada um dos 14 estudos aprovados na Etapa 6, extraindo os dados pertinentes para esta revisão, conforme Quadro 6.

Quadro 6 - Extração dos Dados dos Estudos Aprovados na Revisão Sistemática

Código	E2
Objetivo Geral	Investigar e analisar a evolução do discurso matemático de alunos do Ensino Médio interagindo num ambiente, quando discutiam a respeito de gráficos de fenômenos periódicos.
Principais Aspectos Metodológicos	A pesquisa foi desenhada com base na metodologia exploratória <i>Design Research</i> , em três ciclos. O desenvolvimento das tarefas e a utilização de tecnologias foram pensados a partir da importância dos discursos e de experiências sensorio motoras de acordo com a Teoria da Cognição Corporificada e o Modelo da Estratégia Argumentativa. As propostas foram desenvolvidas em um ambiente chamado Contexto Interativo de Aprendizagem, com uso de <i>applets</i> . Participaram da investigação doze mestrandos e doutorando (Ciclo 1), oito professores (Ciclo 2) e sete estudantes do Ensino Médio (Ciclo 3). Os dados foram registrados em vídeo, fotografias da lousa e anotações no diário do pesquisador.
Enfoque da Cognição Corporificada	Simulação Corporificada (<i>Embodied Simulation</i>) – Simulações e aprendizagem sensorio motor.
Objeto Matemático	Trigonometria (Gráficos Cartesianos Trigonométricos)
Recurso Tecnológico Digital	Sensor de Movimento (CBR2) e Calculadora Gráfica (<i>Spire</i>)
Resultados Finais	Os estudantes foram os atores dos discursos sobre a natureza dos gráficos, envolvendo fenômenos periódicos, levantando variadas propriedades, participando de um ambiente interativo, partindo de possibilidades de explorações corpóreas com <i>applets</i> e calculadoras com sensores de movimento.

Código	E6
Objetivo Geral	Investigar e analisar que aspectos são ou não favorecidos no processo de ensino de trigonometria, no Ensino Médio, especificamente sobre conceitos de trigonometria em um ambiente utilizando recursos digitais.
Principais Aspectos Metodológicos	A pesquisa foi desenhada a partir da metodologia <i>Design Experiment</i> , em um cenário “one-on-one” (professor e aluno), articulado com o conceito de Cenário de Investigação, desenvolvida em duas fases: 1) Análise dos Objetos de Aprendizagem (OAs) e elaboração de um cenário para o ensino de Círculo Trigonométrico; e 2) Implementação do cenário junto aos alunos e suas modificações. As atividades foram aplicadas em uma escola pública, situada na periferia de Bragança Paulista - SP. Os participantes da pesquisa foram oito estudantes matriculados no primeiro ano do Ensino Médio. Os dados foram coletados por meio de gravação em áudio e vídeo.
Enfoque da Cognição Corporificada	Metáforas Conceituais (Básicas e de Ligação) e Orientacionais (Linguagem de Movimento) – Pensamento Metafórico.
Objeto Matemático	Trigonometria no Círculo Trigonométrico
Recurso Tecnológico Digital	Computador
Resultados Finais	O Objeto de Ensino (OE) ou Objeto de Aprendizagem (OAs) elaborado colaborou na aprendizagem dos alunos, e entre as suas características positivas se destacou a qualidade visual do Círculo Trigonométrico que não poderia ser possibilitada no uso do papel e lápis. No decorrer das aplicações surgiram exemplos de Metáforas Básicas e de Ligação, por meio das quais outros conhecimentos matemáticos foram construídos.

Código	E7
Objetivo Geral	Investigar contribuições de uma proposta de ensino com o uso do Multibase para a aprendizagem de conceitos relacionados à bases numéricas tendo como referência as contribuições dos gestos na perspectiva da Cognição Corporificada.
Principais Aspectos Metodológicos	A pesquisa, de natureza qualitativa, em uma abordagem interpretativa, foi desenvolvida em seis etapas: 1) Planejamento do Produto Educacional; 2) Apresentação do Multibase; 3) Primeira interação dos estudantes com o Multibase; 4) Exploração do aplicativo com bases numéricas 2 e 5; 5) Exploração do aplicativo com base decimal; e 6) Roda de conversa sobre a experiência de aprendizagem. Participou da investigação uma turma de 2º ano do Ensino Fundamental do município da Serra-ES. Foram utilizados <i>tablets</i> , gravações em áudio e vídeo, aplicativo <i>Screen Recorder</i> e registro em diário de bordo do pesquisador.
Enfoque da Cognição Corporificada	Movimento das Mãos – Gestos Epistêmicos
Objeto Matemático	Bases Numéricas (Base 2, 5 e 10)
Recurso Tecnológico Digital	Tablet
Resultados Finais	As análises apontaram que, por meio da manipulação no aplicativo Multibase em Dispositivos Móveis com toque em tela, os gestos dos estudantes assumiram o protagonismo no desenvolvimento das atividades, contribuindo para a compreensão dos conceitos envolvidos na operação com bases numéricas sob a perspectiva da Cognição Corporificada.

Código	E8
Objetivo Geral	Compreender melhor como alunos da segunda série do Ensino Médio desenvolveram ideias sobre Transformações no Plano em um ambiente online colaborativo, realizando tarefas envolvendo matrizes.
Principais Aspectos Metodológicos	A metodologia adotada na pesquisa foi <i>Design Research Experiment</i> , que organizou a investigação em três fases: 1) Revisão bibliográfica e elaboração da proposta inicial da sequência de tarefas; 2) Implementação das tarefas e análises parciais e reelaboração das tarefas; e 3) Implementação das novas tarefas e análise final. A análise e a elaboração das tarefas foram pautadas na Teoria da Cognição Corporificada, no Modelo da Estratégia Argumentativa e na Teoria da Atividade. A pesquisa ocorreu presencial e virtualmente, sendo os momentos virtuais realizados no <i>Virtual Math Team</i> (VMT). Toda a investigação foi desenvolvida em quatro locais diferentes: UNIAN/SP; Colégio Pedro II – <i>campus</i> Centro; <i>Eastside High School</i> ; e o VMT. Participaram do estudo quinze professores da Educação Básica, quinze alunos da segunda série do Ensino Médio (em 2011), um aluno do segundo ano do <i>Eastside High School</i> e quatro alunos da segunda série do Ensino Médio (em 2013). A produção de dados incluiu as planilhas geradas pelo VMT, os vídeos, as transcrições e o diário da pesquisadora.
Enfoque da Cognição Corporificada	Metáforas Conceituais (Básicas e de Ligação) e Orientacionais (Linguagem de Movimento) – Pensamento metafórico.
Objeto Matemático	Transformações no Plano (Operações com Matrizes, Cálculo de Determinante e Resolução de Sistemas Lineares)
Recurso Tecnológico Digital	Computador

Resultados Finais	Os resultados apontaram os argumentos e os mapeamentos cognitivos que emergiram durante as interações dos estudantes no VMT. O VMT se mostrou um ambiente fértil para a interação e a colaboração entre os participantes. A partir dos argumentos utilizados pelos participantes durante o desenvolvimento das tarefas, identificou-se a Metáfora básica “Transformação é Mudança”, na qual Transformações no Plano foram entendidas a partir de mudanças físicas, corpóreas. A Metáfora de Ligação “Matriz Identidade é Elemento Neutro” emergiu a partir de provocações da professora/pesquisadora durante os diálogos no último encontro presencial.
Código	E10
Objetivo Geral	Investigar e analisar a produção de significados, por alunos do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola da rede estadual de Minas Gerais, para gráficos cartesianos que representam o movimento retilíneo.
Principais Aspectos Metodológicos	A pesquisa foi desenvolvida em três momentos: 1) Apresentação de um problema e construção do gráfico cartesiano; 2) Uso do sensor de movimento e calculadora gráfica; e 3) Retomada ao problema do primeiro momento, identificando mudanças. Durante a pesquisa foram analisados os aspectos favorecidos na compreensão e elaboração do gráfico com lápis e papel e com uso de sensor de movimento e calculadora gráfica. As falas e gestos foram analisados a partir da Teoria da Cognição Corporificada e do Modelo de Estratégia Argumentativa (MEA). Participaram do estudo 28 estudantes de uma turma de primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública de Minas Gerais – MG. Foram utilizadas gravações em áudio e vídeo.
Enfoque da Cognição Corporificada	Metáforas Conceituais (Básicas e de Ligação) e Orientacionais (Linguagem de Movimento) – Pensamento metafórico.
Objeto Matemático	Gráficos Cartesianos (Movimento Retilíneo)

Recurso Tecnológico Digital	Sensor de Movimento e Calculadora Gráfica
Resultados Finais	O uso adequado de tecnologias propiciou um <i>feedback</i> imediato aos estudantes e que isso interfere no tipo de relação que o professor tem com os alunos, modificando, também, a compreensão sobre o uso de tecnologias. Com o uso do sensor de movimento e da calculadora gráfica os estudantes produziram significados ao gráfico na tela e a relação com sua localização em sala de aula, possibilitando modos diferentes de interagir com diferentes resultados. A análise evidenciou as metáforas “Origem do gráfico é a origem do movimento” e “Posição é um ponto no gráfico cartesiano”.
Código	E15
Objetivo Geral	Verificar as contribuições que a utilização dos dispositivos móveis (telefones celulares e <i>smartphones</i>) como instrumentos mediáticos de aprendizagem podem oferecer para o processo de ensino do conceito de funções de primeiro grau para alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública do estado de Minas Gerais.
Principais Aspectos Metodológicos	Desenha como pesquisa qualitativa, em uma abordagem indutiva, a pesquisa foi desenvolvida em oito encontros (aulas), cujos dados foram coletados, analisados e interpretados com a base nos pressupostos da Teoria Fundamentada (Codificação Aberta, Axial e Seletiva). No processo de elaboração das atividades foram utilizados fundamentos da Teoria da Cognição Corporificada (Situada e Distribuída), da importância das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), das Ferramentas Cognitivas de Aprendizagem, da Aprendizagem Móvel em Sala de Aula, das Bases Teóricas da Mediação e da Conceituação de Funções do Primeiro Grau. A pesquisa foi realizada em uma escola da Rede Estadual de Ensino de Minas Gerais – MG, cujos participantes foram 18 estudantes de duas turmas do primeiro ano do Ensino Médio. Serviram como instrumentos de produção de dados: gravação em áudio e vídeo, fotografias, registro documental, questionário e diário de campo.

Enfoque da Cognição Corporificada	Cognição Situada e Distribuída – Tripé cérebro/corpo/ambiente
Objeto Matemático	Função Polinomial do 1º Grau
Recurso Tecnológico Digital	<i>Smartphone</i> e celular
Resultados Finais	Os resultados mostraram que os participantes trabalharam de maneira colaborativa e interativa na realização das atividades propostas por meio da utilização dos dispositivos móveis como parceiros intelectuais no processo de aquisição do conhecimento matemático. Além disso, esses aparelhos foram utilizados como recursos mediáticos corporificados que funcionaram como uma fonte de cognição e apreensão do conhecimento matemático que estava situado em ambientes de aprendizagem distintos. A cognição se corporificou com a utilização dos dispositivos móveis que funcionaram como ramificações do corpo e da mente dos participantes.
Código	E20
Objetivo Geral	Explorar as qualidades da imaginação matemática à luz de um episódio de sala de aula.
Principais Aspectos Metodológicos	O estudo se baseou na análise de uma interação em sala de aula, em uma aula de Álgebra do Ensino Médio em uma escola pública de Boston, em uma turma do 10º ano. O experimento de ensino foi projetado para o aprendizado de conceitos de trigonometria, envolvendo movimento corporal e tecnologias destinadas a integrar cinestesia e aprendizagem de matemática. Foi examinada uma sequência de nove afirmações proferidas por uma aluna, com foco na análise preliminar de alguns aspectos da imaginação matemática à luz de um episódio de 17 segundos, centrando-se nos gestos e palavras que a aluna utilizava para explicar a necessidade de uma orientação particular para um triângulo. Foram utilizados instrumentos de gravação em áudio e vídeo.

Enfoque da Cognição Corporificada	Enunciados Multimodais - Cognição perceptivo-motora-imaginária.
Objeto Matemático	Trigonometria (Triângulo)
Recurso Tecnológico Digital	Não utilizou recurso tecnológico digital, mas um Pointer Device
Resultados Finais	A partir das análises, os autores identificaram dois fenômenos: 1) Justaposição de Deslocamentos (imaginação encenando aspectos parciais de uma situação, próximas umas das outras); e (2) Articulação de Casos Necessários (divisão dos fenômenos imaginados, baseado em princípios e regras verdadeiras). Assim, essa discussão aprofundou o significado e as relações com as perspectivas da cognição corporificada e da intersubjetividade. Além disso, imaginar trouxe à tona possibilidades empíricas que moldaram o curso da atividade perceptual-motora.
Código	E23
Objetivo Geral	Explorar o desenvolvimento do senso numérico inicial de um pré-escolar durante um mês de interações com o jogo de matemática digital multitoque <i>Fingu</i> .
Principais Aspectos Metodológicos	A pesquisa é parte de um estudo maior, de natureza mista, que examinou as interações de pré-escolares com a tecnologia multitoque. Os dados apresentados foram coletados em um centro de aprendizado infantil perto de uma universidade urbana no leste dos EUA. As análises são da aluna Maya (4 anos e 9 meses), porque suas interações forneceram evidências do desenvolvimento do senso numérico ao longo do tempo e porque ela interagiu com <i>Fingu</i> durante todas as sessões de gravação de vídeo, atingindo o nível 5 e encontrando quantidades até 10. Os dados foram coletados por meio de oito câmeras digitais montadas em tripé e notas de campo.

Enfoque da Cognição Corporificada	Movimento das Mãos – Gestos Conceitualmente Congruentes
Objeto Matemático	Senso Numérico (Número)
Recurso Tecnológico Digital	iPad
Resultados Finais	As principais descobertas relacionadas ao desenvolvimento do senso numérico inicial incluíram a relevância da configuração e quantidade, relações entre gestos e quantidades e desenvolvimento de estimativa e precisão. Além disso, os autores apontaram que essa pesquisa adicionou novas perspectivas às suas compreensões sobre sentido numérico, considerando a corporeidade e os gestos conceitualmente congruentes.
Código	E24
Objetivo Geral	Examinar as consequências da atividade de corpo inteiro e multipartidária para o aprendizado da matemática, tanto dentro como fora da sala de aula.
Principais Aspectos Metodológicos	A pesquisa apresentou dois casos de implementação de movimento colaborativo de corpo inteiro para envolver alunos na matemática, na aprendizagem de sentido numérico, razão e proporção. Segundo os autores, ao investigar como os alunos entenderam esses conceitos matemáticos por meio de ação física e interação situadas, foi possível ilustrar como a colaboração de todo o corpo pôde transformar a atividade e o aprendizado da matemática. No primeiro caso, estudantes do ensino médio participaram de uma série de atividades chamada “Linha Numérica da Escala de Caminhada” no ginásio da escola. No segundo caso, os alunos do ensino fundamental participaram de uma atividade de razão e proporção chamada “Inteiro e Meio”. Foram utilizadas gravações em áudio e vídeo.

Enfoque da Cognição Corporificada	Movimentos do Corpo Inteiro
Objeto Matemático	Sentido Numérico, Razão e Proporção
Recurso Tecnológico Digital	Não utilizou recurso tecnológico digital
Resultados Finais	Com atividade corporificada, ferramentas e práticas matemáticas foi possível ilustrar como a colaboração de todo o corpo pode transformar a forma como os alunos experimentaram ambientes de aprendizagem e deram sentido a importantes ideias matemáticas. A análise enriqueceu a compreensão de que a reinserção dos corpos na educação matemática pode abrir novas formas de criação de sentido e atividade matemática coletiva. Além disso, afirmaram que em ambos os casos, a corporificação dos corpos posicionou os estudantes física e conceitualmente como objetos matemáticos e os movimentos físicos como operações ou eventos matematicamente significativos.
Código	E27
Objetivo Geral	O estudo destacou dois objetivos: 1) Apresentar uma estrutura metodológica para a análise da interação corporificada com a tecnologia capturada por meio de gravação de vídeo; e 2) Demonstrar a aplicação do <i>framework</i> , explorando como o pensamento computacional de dois alunos da 5ª série emergiu como um fenômeno corporificado durante uma atividade de robótica educacional.
Principais Aspectos Metodológicos	A pesquisa apresentou uma estrutura metodológica para análise e transcrição multimodal de dados de estudos que envolvem a multimodalidade no processo investigativo. Com base em uma perspectiva semiótica social da multimodalidade, foi realizada uma análise refinada de duas crianças de um 5º ano que se envolveram em uma atividade de robótica educacional durante um período de dois dias. Ao todo foram transcritos 60 minutos de vídeo.

	A atividade culminou em uma unidade de duas semanas que apoiou o pensamento computacional por meio de uma experiência prática de resolução de problemas integrada em <i>Science, Technology, Engineering, and Mathematics</i> (STEM). Os dados foram registrados no computador, onde as crianças completaram e programaram o robô, e gravados em áudio e vídeo.
Enfoque da Cognição Corporificada	Movimentos das Mãos - Gestos
Objeto Matemático	Emergiram na Programação (Quadrado, Medida de Ângulo, Precisão Numérica, Distância, Raciocínio Multiplicativo e Raciocínio Proporcional)
Recurso Tecnológico Digital	Computador
Resultados Finais	Os achados sugeriram que, para crianças pequenas, o pensamento computacional estende uma estrutura de ambiente guiado pela corporificação de conceitos matemáticos. Especificamente, os participantes, repetidamente, usavam seus corpos para simular diferentes possibilidades de ação enquanto incorporavam estratégias de raciocínio multiplicativo perceptual e formal para conceituar os movimentos do robô.
Código	E31
Objetivo Geral	Mostrar como o pensamento matemático consciente, mais especificamente, o <i>insight</i> geométrico, pode de fato ser fundamentado e emergir das expressões dos movimentos da carne (ou seja, mãos, braços e outras partes do corpo)
Principais Aspectos Metodológicos	O estudo iniciou com uma visão geral do fenômeno da aprendizagem por <i>insight</i> . Em seguida, foi apresentado e analisado um trecho de um banco de dados de vídeo de três alunos de segunda e terceira séries em uma tarefa de geometria. Trata-se de um recorte de um projeto etnográfico longitudinal de dois anos

	baseado em vídeo. No episódio em questão, os autores analisaram os trechos em que as crianças estavam classificando objetos geométricos. As evidências analisadas foram respaldadas na “Teoria da Matemática na Carne”, uma abordagem radical para a corporificação do conhecimento matemático.
Enfoque da Cognição Corporificada	Movimento Cinético do Corpo – “Teoria da Matemática na Carne”
Objeto Matemático	Geometria Espacial
Recurso Tecnológico Digital	Não utilizou recurso tecnológico digital, mas Sólidos Geométricos em Acrílico e em outros materiais.
Resultados Finais	Em contraste com outras teorias corporificadas/enativistas no campo da educação matemática, os dados sugeriram que o movimento cinético do corpo humano constitui uma condição necessária para o surgimento do conhecimento matemático abstrato e, mais especificamente, para o surgimento do <i>insight</i> geométrico.
Código	E33
Objetivo Geral	Descrever as experiências dos alunos ao tentar realizar uma determinada tarefa em um novo ambiente baseado em computador e defender a importância pedagógica de atender às transformações emergentes nos padrões de ação motora que os alunos experimentam, reconhecem e articulam no curso de suas interações.
Principais Aspectos Metodológicos	A pesquisa foi desenvolvida a partir de dois trechos selecionados de uma videografia de voluntários do 4º ao 6º ano participando de entrevistas clínicas baseadas em tarefas centradas no dispositivo <i>Mathematical Imagery Trainer for Proportion</i> (MIT-P). As análises são de dois casos: 1) Siena, uma aluna do 6º ano (Transição Suave); e 2) Amália, uma aluna do 5º ano (Transição Abrupta). Os dados foram coletados por meio de gravação em vídeo.

Enfoque da Cognição Corporificada	Movimento das Mãos
Objeto Matemático	Proporcionalidade
Recurso Tecnológico Digital	Dispositivo <i>Mathematical Imagery Trainer for Proportion</i> (MIT-P), apoiado em Computador.
Resultados Finais	Os dados revelaram particular valor sobre o papel da interpretação consciente das transições para novas soluções motoras, tanto suaves quanto abruptas. Ou seja, para os alunos do estudo, a descoberta veio literalmente como isso – uma descoberta emergente – quando eles descobriram em suas próprias ações algo que não poderiam ter previsto de antemão. Além disso, ressaltou-se a importância de se estar atento às mudanças que os alunos incorporam em seus esquemas perceptuomotores quando se envolvem em tarefas de resolução de problemas que exigem coordenação manual.
Código	E42
Objetivo Geral	Examinar como os recursos de <i>design</i> em doze jogos de matemática digital influenciaram a aprendizagem das crianças.
Principais Aspectos Metodológicos	A pesquisa foi realizada com base em quatro experimentos, cada qual contendo três jogos matemáticos digitais, e em pré-testes e pós-testes. Os participantes foram 193 crianças do 2º ao 6º ano de escolas públicas e grupos de educação domiciliar. Cada criança foi direcionada para um experimento. Caso o pré-testes indicasse que a criança tinha conhecimento suficiente para estar em um outro experimento, ela era realocada. Os jogos selecionados no estudo exigiam que as crianças movimentassem ou inclinassem o tablet, beliscassem ou deslizassem. Os aplicativos faziam perguntas sobre a jogabilidade e os recursos dos jogos para cada criança quando terminava o tempo de interação, que durou 60 minutos. Os dados foram coletado por meio de gravação em áudio e vídeo.

Enfoque da Cognição Corporificada	Movimentos das Mãos (Toques em Tela)
Objeto Matemático	Geometria, Frações, Divisão, Ângulos, Números na Reta Numérica, Números Decimais e Arredondamento.
Recurso Tecnológico Digital	Tablet
Resultados Finais	A análise revelou ganhos significativos para 9 dos 12 jogos digitais. Seis categorias emergiram e estiveram focadas em como os recursos de <i>design</i> apoiaram a aprendizagem nos jogos digitais. Essas categorias incluíram: precisão <i>feedback</i> , tentativas ilimitadas/múltiplas, tutoriais e dicas de informações, restrição focada, níveis progressivos e eficiência do jogo. Duas categorias foram mais específicas para cognição e ação com a matemática, e focado em como os recursos de <i>design</i> promoveram conexões matemáticas. Essas categorias incluíram: representações vinculadas e físicas vinculadas.
Código	E57
Objetivo Geral	Examinar como alunos do ensino médio (17 anos), com formação em cálculo e física, interpretaram os gráficos que criaram desenhando o caminho do movimento de sua mão com um <i>mouse</i> de computador.
Principais Aspectos Metodológicos	A pesquisa experimental, que versou olhares para os gestos e os termos que os alunos usavam e processos cognitivos que suas ações e discursos denunciavam, foi desenvolvida com cinco pares de alunos do ensino médio. No decorrer da investigação, eles enfrentaram três desafios principais: modelar o movimento 2D, entender uma situação de repouso e lidar com o repouso instantâneo. A atividade e a ferramenta proporcionaram aos alunos experiências sensoriais (visuais e cinestésicas) que serviram para interpretar o movimento. Foram analisados sete episódios, cada qual com seus objetivos e atividades.

	A análise esteve focada na manipulação da ferramenta, no desenho gráfico construído e nos gestos dos estudantes. Os dados foram coletados por meio de gravação em áudio e vídeo.
Enfoque da Cognição Corporificada	Movimentos das Mãos - Gestos
Objeto Matemático	Gráficos
Recurso Tecnológico Digital	Computador e Ambiente Computacional <i>MoveOn</i>
Resultados Finais	A análise possibilitou concluir que as representações informatizadas que estavam disponíveis para os alunos adicionaram ao caminho visível de informações que eles tinham sobre o tempo. Isso ajudou os alunos a conceituar a física do movimento e a vincular esses conceitos às propriedades matemáticas dos gráficos. Além disso, os autores afirmaram que o cenário que os estudantes experimentaram encorajou o uso da projeção metafórica da experiência corporificada e apoiou a elaboração de conceitualização formal sobre o movimento.

Fonte: Elaborado pelos autores

2.3 AVALIAÇÃO

2.3.1 ETAPA 8: AVALIAR A SOLIDEZ METODOLÓGICA

Após a extração dos dados, esses mesmos trabalhos, que atenderam aos critérios de inclusão/exclusão, necessitam ser avaliados quanto à sua solidez metodológica, cujo processo contribui para identificar vieses importantes (PETTICREW; ROBERTS, 2006). Além disso, de acordo com os autores, embora haja um número expressivo de ferramentas de avaliação crítica para pesquisa quantitativa, ainda não há critérios amplamente aceitos quanto ao "melhor" método para avaliação qualitativa dessa solidez metodológica. Assim, propusemos cinco questões (Q1, Q2, Q3, Q4 e Q5) que orientaram

DOI: 10.12957/e-mosaicos.2023.71333

a leitura e análise de cada trabalho:

(Q1) O estudo foi afetado por problemas, eventos ou apresenta limitações no decorrer da investigação?

(Q2) Se existiu um grupo de comparação ou de controle, eles foram semelhantes ao grupo de intervenção?

(Q3) Se o estudo envolveu uma avaliação de uma intervenção, a intervenção foi claramente descrita?

(Q4) Os instrumentos de produção de dados utilizados no estudo foram os mais relevantes para responder à pergunta de pesquisa?

(Q5) O estudo apresentou temporalidade suficiente que permitiu que os resultados fossem identificados?

No Quadro 7, encontram-se registradas as análises da solidez metodológica, que contempla o Componente do Protocolo Estratégia de Análise.

Quadro 7 - Análise da Solidez Metodológica

Código: E2	
Q1	[SIM] Depois de iniciada a pesquisa, precisamente na segunda semana de aplicação, a escola entrou em greve, mas os participantes continuaram a frequentar o espaço para participarem dos ciclos da pesquisa. Além disso, nesse mesmo encontro houve perda do áudio, o que inviabilizou a utilização da filmagem na investigação. Segundo o pesquisador, mesmos com os prejuízos da perda desses dados, foi mantida a sequência das discussões uma vez que os tópicos desse dia foram rediscutidos. Ainda, o autor reconhece que a discussão e os dados não foram exatamente os mesmos.
Q2	[NÃO HOUE GRUPO DE CONTROLE] A pesquisa contou com diferentes públicos participantes, cujos dados produzidos não foram comparados com qualquer grupo de controle.

Q3	[EM PARTES] A pesquisa foi desenvolvida em três ciclos, claramente descritos. Além disso, o primeiro e segundo ciclos contemplaram cinco encontros para os quais foram apresentados os objetivos, atividades, participantes e duração. Contudo, o pesquisador afirma que foram desenvolvidos seis encontros, mas o sexto encontro não seria analisado, pois poderia perder o foco em relação às questões de investigação. Apenas a transcrição da gravação desse encontro foi disponibilizada no corpo da pesquisa. Ainda, desses seis encontros, o autor analisou somente quatro deles (primeiro, terceiro, quarto e quinto). Apesar dessas inconsistências, cada encontro analisado foi claramente descrito, com destaque às falas, esquemas, imagens e análises.
Q4	[SIM] A pesquisa fez uso de gravação em áudio e vídeo, cujos dados foram transcritos e analisados pelo pesquisador.
Q5	[SIM] Na análise, encontramos executados quatorze momentos, distribuídos distintamente em cada encontro, totalizando 1400 minutos ou 23h20min.
Código: E6	
Q1	[SIM] O autor apontou que as atividades foram aplicadas em uma sala da coordenação da escola participante, mas mesmo assim o barulho dos intervalos das aulas acabou, por vezes, atrapalhando a qualidade do som, dificultando a identificação de algumas falas das filmagens. Ainda, na filmagem do terceiro encontro, onde os estudantes trabalharam em duplas, não foi possível distinguir com clareza todas as falas proferidas entre os alunos. Além disso, foram convidados oito estudantes para participarem da pesquisa, mas apenas seis compareceram, e cada encontro houve alteração de um participante.
Q2	[NÃO HOVE GRUPO DE CONTROLE] A pesquisa contou com a participação de estudantes do ensino médio, cujos dados produzidos não foram comparados com qualquer grupo de controle.

Q3	[EM PARTES] A pesquisa foi desenvolvida em duas fases, de modo que a primeira fase se constituiu de uma discussão teórica, e a segunda fase a aplicação das atividades. Foram analisados quatro encontros, apresentando imagens, falas e duração. O pesquisador descreveu dois Objetos de Aprendizagem (OAs): “O Mundo da Trigonometria” e “Trigonometria de Molas”, além de um Objeto de Ensino (OE): applets do GeoGebra “Círculo Trigonométrico” criado por ele. No entanto, no decorrer das aplicações, não identificamos a utilização do OAs “Trigonometria de Molas”, significando que sua apresentação ficou apenas no campo teórico.
Q4	[SIM] Foram utilizadas gravações de áudio e vídeo, cujos dados foram transcritos e analisados pelo pesquisador e por outra pesquisadora, bem como registros escritos dos estudantes.
Q5	[SIM] Foram propostos quatro encontros, totalizando 289 minutos ou 4h49 min.
Código: E7	
Q1	[SIM] A pesquisa, projetada para ser desenvolvida presencialmente, de modo que as interações sociais pudessem ser realizadas sem restrições, foi surpreendida com a pandemia do novo coronavírus (Covid-19), forçando uma retomada das atividades letivas de forma híbrida. Essa mudança forçou alterações nas propostas de intervenção, de modo que fosse cumprido os protocolos de distanciamento social. Além disso, a autora salientou que as interações sociais entre os estudantes eram fundamentais no processo de pesquisa e que o distanciamento acabou prejudicando o processo de construção de conhecimento e, até mesmo, os dados da pesquisa. Por fim, na quinta etapa, um dos três estudantes selecionados para participar da produção dos dados não compareceu, pois foi transferido para outra escola da rede de ensino, não sendo possível manter sua participação na pesquisa.
Q2	[NÃO HOUE GRUPO DE CONTROLE] A pesquisa foi desenvolvida sem comparações com grupos de controle, sendo os dados produzidos com 22 estudantes de um 2º ano do Ensino Fundamental, sendo, no entanto, as análises focadas em três participantes.

Q3	[SIM] A autora apresentou as seis etapas que foram desenvolvidas no decorrer da pesquisa, sendo cada uma apresentada claramente em relações aos seus objetivos. No decorrer da investigação, as etapas são nitidamente descritas, cada qual transparecendo imagens, falas, duração, participantes e análises. Por ser uma pesquisa que esteve atenta aos gestos dos estudantes, a pesquisadora apresentou, de forma transparente, as diferentes perspectivas de gravação (incluindo o uso de Código QR) de modo que o leitor fosse capaz de identificar os movimentos.
Q4	[SIM] Os dados foram produzidos por meio de gravações em áudio e vídeo, aplicativo Screen Recorder e diário de bordo do pesquisador.
Q5	[SIM] A pesquisa e a produção dos dados foram realizadas em cinco etapas, sendo cada etapa em uma semana, com duração de 100 minutos cada, equivalentes a duas aulas de 50 minutos. Assim, foram depreendidas 500 minutos ou 8h20min.
Código: E8	
Q1	[SIM] A autora pontuou que uma das atividades “Mágicas ou Transformações no Plano” precisou ser substituída pela tarefa “Relacionando Coordenadas”, pois ela acabou provocando certas inibições entre os participantes, pois não promoveu as interação esperadas. Ainda, em um dos encontros, a aba GeoGebra travou e os participantes não conseguiram realizar as tarefas, forçando um adiamento do encontro. Além disso, dois grupos de estudantes não puderam participar de uma das tarefas, pois estavam envolvidos com o calendário de provas finais do colégio. Ademais, o idioma inglês dos applets foi uma das limitações no estudo, pois nem todos tinham o domínio da língua. Também, o número de encontro, segundo a autora, foi desproporcional às ideias matemáticas que se desejava trabalhar, não sendo possível aumentar o número de encontro, mas estruturar as tarefas. Por fim, alguns participantes se ausentavam algumas vezes da sala virtual, por motivos particulares, e problemas técnicos no ambiente virtual (problemas na visualização de imagens no GeoGebra, mensagem de erros no aplicativo, tela travando, etc) interferiram no andamento da pesquisa.

Q2	[NÃO HOUVE GRUPO DE CONTROLE] A pesquisa não contou com grupos de controle, sendo os dados analisados sem comparações com quaisquer outros participantes.
Q3	[SIM] A pesquisa ocorreu em três fases, que foram claramente descritas com relação aos seus objetivos, participantes e atividades. Foram implementadas oito tarefas na fase três, cujos participantes foram estudantes do Ensino Médio. Cada tarefa foi claramente descrita em seu espaço de execução (presencial ou virtual), transparecendo os modos de produção dos dados.
Q4	[SIM] Por ser uma pesquisa de caráter qualitativo, os instrumentos utilizados possuíam potencial para produção dos dados necessários para responder à pergunta de pesquisa, sendo eles: planilhas de interações (VMT Logs) e gravação em áudio e vídeo.
Q5	[SIM] A pesquisa foi desenvolvida em três etapas, totalizando oito encontros de 1h30min cada. Sendo assim, foram disponibilizados 720 minutos ou 12h para produção de dados.
Código: E10	
Q1	[NÃO] Não foram identificados problemas ou eventos no decorrer da aplicação das atividades, tendo a pesquisa decorrida conforme planejado.
Q2	[NÃO HOUVE GRUPO DE CONTROLE] A investigação foi desenvolvida com estudantes do Ensino Médio, cujos dados produzidos não foram comparados com nenhum outro grupo de controle.
Q3	[EM PARTES] A pesquisa foi desenvolvimento em três momentos, sendo cada um deles descrito com clareza, incluindo as atividades e os instrumentos utilizados para coletar os dados. No entanto, a pesquisa descreve quatro episódios, cada qual contendo três momentos. Esses episódios não são claramente descritos antes que eles fossem descritos no percurso de aplicação e análise dos dados.
Q4	[SIM] A investigação utilizou gravação em áudio e vídeo e registro escrito dos estudantes, que foram capazes de coletar os elementos para análise e conclusões da pesquisa.

Q5	[EM PARTES] A pesquisa foi desenvolvida em duas aulas de 50 minutos, totalizando 100 minutos ou 1h40min. Segundo a autora, num primeiro momento, as intervenções não foram tão evidentes, fosse pela questão do tempo limitado, fosse pelo interesse e ansiedade que todas as professoras tinham com relação ao uso do kit (sensor de movimento e calculadora gráfica). Isso mostrou que o tempo destinado à pesquisa foi, de certo modo, insuficiente, podendo ter surgido outras discussões e resultados a partir da aplicação de outras atividades.
Código: E15	
Q1	[NÃO] Não houve problemas ou eventos adversos no decorrer da aplicação das atividades.
Q2	[NÃO HOUVE GRUPO DE CONTROLE] A pesquisa foi desenvolvida com estudantes do Ensino Médio, sem que os dados fossem comparados ou contrastados com qualquer grupo de controle.
Q3	[SIM] A autora descreveu minuciosamente o procedimento metodológico da pesquisa, de modo que foi possível compreender as etapas de aplicação das cinco atividades desenvolvidas. Para cada etapa, ela apresentou a atividade, destacou falas importantes e procedeu a análise dos dados. Para cada proposta desenvolvida foi feito um quadro com codificação aberta e axial, que foram utilizados adiante na construção de uma codificação seletiva, que passaria pela análise final. Esse percurso de análise dos dados escolhido pela pesquisadora foi muito bem detalhado.
Q4	[SIM] Foram utilizados questionários, diário de campo e gravações em áudio e vídeo como instrumentos de coleta de dados, os quais trouxeram elementos suficientes para atender aos objetivos da pesquisa.
Q5	[SIM] A investigação foi desenvolvida em oito aulas de 50 minutos cada, na própria sala de aula da pesquisadora, totalizando 400 minutos ou 6h40min.
Código: E20	

Q1	[NÃO] Os autores não apresentaram nenhum problema ou evento que tivesse ocorrido no processo de aplicação da atividade.
Q2	[NÃO HOUVE GRUPO DE CONTROLE] As análises estiveram focadas em um trecho de um episódio de atividade matemática envolvendo triângulos, cujos dados não foram contrastados com quaisquer outros participantes de grupo de controle.
Q3	[SIM] A pesquisa foi apresentada com clareza, de modo que foi possível compreender o processo de aplicação da atividade e o episódio analisado. Foram utilizados imagens e esquemas para evidenciar os momentos analisados da gravação de áudio e vídeo, destacando as falas da participante e procedendo uma análise rica de detalhes sobre a imaginação matemática.
Q4	[SIM] A utilização de gravação em áudio e vídeo foi suficiente para que os dados fossem coletados e analisados em direção ao objetivo da pesquisa.
Q5	[SIM] O episódio total teve duração de 4min e 45s, mas o trecho analisado foi de apenas 17 segundos, momento em que as interações e falas do participantes possibilitaram alcançar os objetivos da pesquisa.
Código: E23	
Q1	[EM PARTES] Os autores apontaram que o vídeo ofereceu oportunidade para ver as ações se desenvolverem em escalas de tempo, mas ocorreram interações entre as gravações de vídeo, forçando a necessidade de ajustar as gravações, a reprodução, a velocidade e a precisão. Além disso, afirmaram que a participante não foi entrevistada e não recebeu nenhuma orientação matemática, o que pode ter sido perspicaz e influente. Ademais, o ambiente da sala de aula era caótico e confuso, ao mesmo tempo autêntico e agradável.
Q2	[NÃO HOUVE GRUPO DE CONTROLE] Não houve presença de grupo de controle, sendo os dados analisados sem comparação com quaisquer outros participantes.

Q3	[SIM] Os autores apresentaram de forma clara o desenvolvimento da intervenção, destacando que ela se tratou de um recorte de um estudo de caso maior, de métodos mistos, cuja análise foi centrada nas interações de uma aluna pré-escolar com o aplicativo Fingu, em tecnologia multitoque. Foi destacado todo o processo de gravação dos dados, colocando foco nas mãos, na tela e no espaço de interação. Foi apresentado o aplicativo Fingu e as tarefas contida nele, bem como as semanas de aplicação.
Q4	[SIM] O estudo contou com oito câmeras instaladas que coletaram os dados das interações da criança com o iPad. Por se trata de uma análise qualitativa, esse tipo de instrumento tem grande potencialidade de produção de dados significativos.
Q5	[SIM] A participante interagiu com a tecnologia durante 20 minutos, 3 vezes por semana durante, no decorrer de 4 semanas. Esse processo gerou 240 minutos ou 4h de material de análise.
Código: E24	
Q1	[NÃO] Os autores não destacaram, no decorrer da pesquisa, quaisquer problemas ou eventos adversos.
Q2	[NÃO HOUVE GRUPO DE CONTROLE] Por se tratar de um estudo que analisou os movimentos do corpos e sua relação com a aprendizagem matemática, os dados foram descritos e analisados sem comparação com grupos de controle.
Q3	[SIM] O estudo foi bem descrito, com delimitações claras das etapas. Cada uma das duas atividades (Caso 1 e 2) aplicadas foram nitidamente descritas, com seus objetivos, participantes e falas. Para melhor interpretação, cada caso foi apresentado separadamente, com suas análises e imagens que ilustraram o corpo sendo utilizado no processo de aprendizagem matemática.
Q4	[SIM] A pesquisa utilizou gravação em áudio e vídeo como instrumento de coleta de dados, cujas análises mostraram que essa ferramenta obteve sucesso no percurso investigativo.
Q5	[SIM] A proposta do Caso 1 foi desenvolvido com cinco grupos de alunos do Ensino Fundamental, que vivenciaram as atividades ao longo de dois dias. Já para o Caso 2, os autores não apresentaram, de forma clara, quantos dias ou horas foram destinadas para a aplicação. No entanto, considerando o objetivo de pesquisa, os dados coletados se demonstraram suficientes e ricos de informações, tendo sido possível alcançar

	resultados pertinentes.
Código: E27	
Q1	[SIM] Os autores apontaram que os dados dos vídeos foram densos e cheios de detalhes, cujas análises não foram capazes de revelar todas as maneiras pelas quais o pensamento computacional pode ser considerado corporificado. Devido a essa densidade, alguns detalhes foram perdidos durante a transcrição, sendo alguns modos de interação priorizados em detrimento de outros. Assim, afirmaram que suas conclusões ofereceram uma visão do que é possível na área de estudo.
Q2	[NÃO HOUE GRUPO DE CONTROLE] Para alcançar o objetivo do estudo, os autores não utilizaram grupos de controle, uma vez que as análises qualitativas não necessitavam ser contrastadas com outros participantes, pois buscaram explorar o pensamento computacional a partir do envolvimento com fenômenos corporificados.
Q3	[EM PARTES] Os autores apresentaram uma estrutura teórica que foi colocada em prática com estudantes de um 5º ano. Cada uma das etapas da estrutura foi claramente descrita, com suas respectivas ações investigativas. No entanto, não foram descritas quais atividades foram aplicadas, mas apenas imagens dos estudantes se envolvendo com o computador e as análises dos dados coletados. Não ficou límpida a intervenção e seu desenvolvimento.
Q4	[SIM] Os dados do corpo, das interações e das multimodalidades foram capturados por meio de gravação em áudio e vídeo, que se mostrou um eficiente instrumento de coleta de dados qualitativos na pesquisa.
Q5	[SIM] Os dados foram produzidos de uma dupla de crianças do 5º ano enquanto realizavam atividades educacionais de robótica, em um período de dois dias. Segundo os autores, apenas os trechos em que gestos, falas e interações entre os estudantes aparecem é que foram analisados, totalizando 60 minutos de transcrição.
Código: E31	
Q1	[NÃO] Os autores, no decorrer do estudo, não apresentaram quaisquer problemas, eventos ou limitações que tenham ocorrido na investigação.
Q2	[NÃO HOUE GRUPO DE CONTROLE] Não foram utilizados grupos de controle, pois a própria natureza dos interesses investigativos não demandou a comparação de

	dados com outros participantes.
Q3	[SIM] Os investigadores apresentaram o texto da pesquisa de forma clara, destacando que as análises são oriundas de um episódio retirado de um projeto etnográfico longitudinal de dois anos. As duas atividades foram claramente descritas, evidenciando os seus objetivos, participantes e como tudo ocorreu. O episódio analisado foi apresentado com linguagem de fácil compreensão, trazendo imagens que ilustraram os participantes se envolvendo nas atividades.
Q4	[SIM] Os dados foram coletados por meio de gravação de áudio e vídeo, instrumento coerente com os propósitos investigativos.
Q5	[SIM] O episódio total ocorreu em nove aulas, sendo desenvolvido por um grupo de dois alunos do terceiro ano e um aluno do segundo ano. No entanto, houve dezenove turnos de classificação de sólidos geométricos, levando 12 minutos de execução. A análise ocorreu apenas em um episódio do primeiro turno de classificação.
Código: E33	
Q1	[NÃO] Os pesquisadores não apresentaram quaisquer eventos ou limitações que tivesse atrapalhado a investigação.
Q2	[NÃO HOUVE GRUPO DE CONTROLE] Não identificamos grupos de controle no decorrer da pesquisa, sendo apenas participantes duas estudantes de um 5º e 6º ano.
Q3	[SIM] Os pesquisadores apresentaram informações claras sobre o processo investigativo, bem como a forma que as atividades foram desenvolvidas em um ambiente tecnológico. O comando da atividade foi claro e bem redigido, trazendo clareza sobre as ações que os participantes deveriam tomar. Foram realizadas duas atividades, com duas participantes deferentes, e que seguiram o mesmo comando, porém a segunda participantes necessitou investigar a atividade com grades (linhas verticais e horizontais que se intersectam) na tela do ambiente tecnológico. As duas propostas foram apresentadas com detalhes e ricas de análises.
Q4	[SIM] As ferramentas de coleta de dados foram suficientes para que as análises pudessem ser realizadas, culminando no êxito da pesquisa.
Q5	[SIM] Apesar dos autores não evidenciarem o tempo de execução das atividades, os objetivos foram alcançados.

Código: E42	
Q1	[NÃO] No decorrer da investigação não foram encontrados problemas, eventos ou limitações relativos ao estudo.
Q2	[NÃO HOUVE GRUPO DE CONTROLE] Apesar dos autores terem utilizados pré-testes e pós-testes, não houve grupo de controle. Cada um dos testes foi aplicado com os mesmos participantes, em momentos distintos.
Q3	[EM PARTES] A pesquisa apresentou o processo de seleção dos estudantes participantes, bem como as atividades desenvolvidas, os jogos utilizados e para quais experimentos cada participante foi destinado. Cada jogo foi claramente apresentado, com destaque aos conhecimentos matemáticos que podiam ser desenvolvidos. No entanto, não houve uma parte destinada para descrever, com mais clareza, a utilização dos jogos pelos estudantes, limitando-se a descrever algumas falas, trazer algumas imagens que ilustravam a utilização dos tablets e as análises.
Q4	[SIM] Os dados foram coletados por meio de pré-testes, pós-testes, entrevista e gravação em áudio e vídeo, sendo instrumentos que coletavam dados condizentes com os interesses de pesquisa.
Q5	[SIM] Apesar dos autores não deixarem claro quantos minutos durou as interações das crianças com os jogos, apenas salientando que os participantes passaram por uma entrevista estruturada de 60 minutos, os dados foram analisados com profundidade, trazendo fortes indícios de que o tempo depreendido foi suficiente para encontrar resultados pertinentes aos objetivo de pesquisa.
Código: E57	
Q1	[NÃO] Os pesquisadores não apontaram eventos ou problemas no decorrer da investigação.
Q2	[NÃO HOUVE GRUPO DE CONTROLE] Diante dos interesses de pesquisa, os autores não utilizaram grupos de controle e não realizamos comparações entre os dados e quaisquer outros sujeitos.
Q3	[EM PARTES] Os autores apresentaram uma tarefa para a qual foram analisados sete episódios. Em cada episódio foi revelado os objetivos e como a atividade ocorreu. Segundo os autores, os estudantes enfrentaram três desafios principais: modelar o movimento 2D, entender uma situação de repouso e lidar com o repouso instantâneo,

	mas esses desafios não foram detalhados em sua execução. Não foi possível compreender os episódios estavam ligados a esses desafios, ou se estes estavam diluídos na tarefa sugerida.
Q4	[SIM] As gravações em áudio e vídeo, seguidas de transcrição, foram relevantes no processo investigativo, uma vez que os interesses investigativos estiveram vinculados ao movimento das mãos, em ações corporificadas.
Q5	[SIM] Foram coletados dados de quatro sessões de cerca de uma hora cada, totalizando 240 minutos ou 4h.

Fonte: Elaborado pelos autores

2.3.2 ETAPA 9: SINTETIZAR E AVALIAR OS ESTUDOS

Nesta etapa, realizou-se uma síntese e avaliação geral dos trabalhos, integrando os dados que foram capazes de responder às perguntas da revisão. Essa integração pode ser feita estatisticamente (meta-análise) e/ou narrativamente (descrevendo, relatando, tabulando e integrando sistematicamente os resultados dos estudos) (PETTICREW; ROBERTS, 2006). Nessa perspectiva, executou-se uma análise narrativa em busca de possíveis conexões, lacunas ou avanços sobre Cognição Corporificada, Tecnologias Digitais e Conhecimento Matemático, executando o Componente do Protocolo Estratégia de Análise, respondendo cada uma das três perguntas traçadas na revisão.

Sob qual(is) enfoque(s) a Cognição Corporificada tem figurado nas pesquisas em Educação Matemática?

As pesquisas em Cognição Corporificada têm utilizado diferentes enfoques sobre a participação do corpo no processo de aprendizagem, em suas multimodalidades, de modo que reconhecê-los tem possibilitado compreender a natureza do pensamento corporificado. O Quadro 8 apresenta os distintos entendimentos sobre Cognição Corporificada que emergiram nos trabalhos desta revisão.

Quadro 8 - Enfoques da Cognição Corporificada

Temática	Estudo	Enfoque
Cognição Corporificada	E2	Simulação Corporificada (<i>Embodied Simulation</i>)
	E6, E8 e E10	Metáforas Conceituais e Orientacionais (Pensamento Metafórico)
	E7	Movimentos das Mãos (Gestos Epistêmicos)
	E15	Cognição Situada e Distribuída (Cérebro/Corpo/Ambiente)
	E20	Enunciado Multimodais (Cognição Perceptivo-motora-imaginária)
	E23	Movimentos das Mãos (Gestos Conceitualmente Congruentes)
	E24	Movimentos do Corpo Inteiro
	E42	Movimentos das Mãos (Toques em Tela)
	E27 e E57	Movimentos das Mãos (Gestos)
	E31	Movimentos Cinéticos do Corpo (Teoria da Matemática na Carne)
	E33	Movimentos das Mãos

Fonte: Elaborado pelos autores

No campo da Simulação Corporificada (Embodied Simulation), Silva (2013) apontou que há evidências neurocientíficas de que nossas redes neurais modelam as funções do nosso corpo no ambiente, o que tem sido considerado como “Simulação Corporificada”, denunciando uma ação mecânica de mentalização. Isso mostra que a

DOI: 10.12957/e-mosaicos.2023.71333

capacidade do nosso cérebro de simulação está relacionada à experiência refletida nas representações que estão por trás da simulação e que os simuladores implementam conceitos que estão por trás do conhecimento, capturando padrões multimodais associados à experiência com o mundo (SILVA, 2013). Assim, ao utilizar sensores de movimentos acoplados à calculadora gráfica, considerados pelo autor como fonte de simuladores, Silva (2013) possibilitou que os estudantes experienciassem gráficos matemáticos em termos de movimentos corpóreos, integrando ações multimodais para representar propriedades e relações relevantes aos conceitos em discussão.

Outro enfoque encontrado tem relação com as Metáforas Conceituais e Orientacionais (Pensamento Metafórico). Segundo Goios (2010), as metáforas devem ser consideradas parte integrante do nosso pensamento e ação, sendo que a essência da metáfora é a experiencição de uma determinada coisa em termos de outras. Ainda, considerar que as metáforas fazem parte do campo da Cognição Corporificada é revelar, conforme Barbosa (2014), que elas invadem nossas vidas, nossas experiências, pensamentos e ações, não figurando apenas na linguagem. A compreensão de mundo é possibilitada por meio de mapeamentos metafóricos, como denuncia Faria (2007), cujas interpretações e compreensões são constituídas com base em nossas experiências sensorio-motoras. Portanto, associar metáforas à Cognição Corporificada é compreender que é possível projetar uma estrutura inferencial de um domínio em outro, baseadas nas experiências do corpo, realizando inferências de um conhecimento abstrato, compreendendo que nosso cérebro e pensamentos são multimodais.

Com relação ao enfoque dos Movimentos das Mãos (Gestos Epistêmicos), Ferreira (2021) apresentou esses gestos como aqueles que podem servir a uma função comunicativa, sendo muitas vezes acompanhados de expressões verbais, e ajudar o indivíduo a reorganizar o conhecimento, ilustrando ou esclarecendo, para ele próprio ou para outros, os objetos matemáticos e suas propriedades. Não é um gesto que simplesmente comunica alguma informação, mas é capaz de revelar processos epistêmicos no desenvolvimento de tarefas matemáticas. A importância desses gestos está na sua capacidade de revelar modos de pensar e agir dos estudantes em relação ao objeto matemático em estudo, cuja ocorrência está nas ações epistêmicas evidenciadas (FERREIRA, 2021). Dessa forma, a autora é enfática ao afirmar que os gestos realizados pelos estudantes podem dar indícios da compreensão de ideias matemáticas, e mostram significados produzidos no pensamento corporificado.

Quando se fala de Cognição Situada e Distribuída (Cérebro/Corpo/Ambiente), dentro do campo da corporificação, refere-se ao fato de que o cérebro e o corpo estão situados em um ambiente e que a cognição é distribuída e social. Segundo Ladeira (2015), é importante compreender que a cognição não pode ser reduzida a apenas corpo e mente, mas deve se transformar em corpo e mente situados em um determinado contexto cultural. A partir disso, defender uma “Cognição Situada e Distribuída” é compreender o organismo como corporificado (cujos corpos são fonte de cognição e conhecimento), situados (pois estão em seus ambientes compartilhados) e distribuídos (pois a cognição não está apenas na mente, mas distribuída entre os indivíduos, mediadas pela utilização de tecnologias móveis), transmitindo significados e características culturais e históricas (LADEIRA, 2015).

Adentrando ao campo da Multimodalidade (Cognição Perceptivo-motora-imaginária), Nemirovsky e Ferrara (2009) apresentaram a multimodalidade como presente em muitos locais do cérebro, sendo as modalidades sensoriais (tato, visão e audição) integradas entre si e com o controle de planejamento motor. Ainda, segundo os autores, é preciso ampliar a Cognição Corporificada para abranger o aspecto imaginário, pois quaisquer atividade perceptivo-motora está inscrita em um domínio de possibilidades. Compreender a relação perceptivo-motora-imaginária possibilita mudar nossa atenção de “o que é” para “o que poderia ser”, sendo que o primeiro parece configurar uma orientação natural da atividade perceptivo-motora (NEMIROVSKY; FERRARA, 2009). Assim, imaginar possibilita moldar o curso da atividade perceptivo-motora, pois ver a aprendizagem matemática enriquecida da imaginação pode clarear os papéis das ferramentas tecnológicas como meio de ampliar produtivamente o horizonte de possibilidades de pensar.

Retornando ao campo dos gestos, mas na esfera dos Movimentos das Mãos (Gestos Conceitualmente Congruentes), Tucker e Johnson (2020) se preocuparam não apenas com a importância dos gestos na aprendizagem, mas dos gestos conceitualmente congruentes na matemática. Segundo os autores, esses gestos envolvem ações que combinam (são congruentes) com a matemática e podem apoiar o aprendizado, inclusive fazendo parte das interações com tecnologias. O estudo apresentou dois exemplos desses gestos para indicar a quantidade “quatro”: (a) levantar sequencialmente um dedo de cada vez até que os quatro dedos estejam levantados; e (b) levantar simultaneamente os quatro dedos. De acordo com Tucker e Johnson (2020), o primeiro é um exemplo de “contagem de dedos”; o segundo é “tudo de uma vez”; e um gesto não conceitualmente congruente seria indicar a quantidade quatro, apontando para o numeral “quatro”. O que se percebe

DOI: 10.12957/e-mosaicos.2023.71333

é que os gestos conceitualmente congruentes envolvem ações de correspondência, ou seja, quatro dedos representam a quantidade ou o número “quatro”, enquanto que apontar para o quatro não é um gesto congruente. Assim, os gestos conceitualmente congruentes podem fazer parte da matemática corporificada em vários contextos, inclusive quando se interage com a tecnologia (TUCKER; JOHNSON, 2020).

Existem estudos, como o de Kelton e Ma (2018), que se preocuparam em considerar a Cognição Corporificada numa perspectiva de Movimentos do Corpo Inteiro, pois sugerem que seja preciso alavancar o potencial da Corporificação na Educação Matemática para uma expansão anatômica e mais abrangente de corpos inteiros (sempre diversamente constituídos e capacitados), e seus componentes heterogeneamente organizados, não se limitando às mãos ou práticas táteis (KELTON; Ma, 2018). Segundo esses autores, o corpo todo pode transformar e reposicionar a forma como os estudantes experimentam ambientes de aprendizagem e produzem sentido às ideias matemáticas. Por exemplo, Kelton e Ma (2018) propuseram atividades com foco particular de interesse nas (a) capacidades corporais dos participantes, que se estenderam além das mãos, especialmente, a caminhada e outros movimentos que emanam da cintura e das pernas; e na (b) contextualização anatômica e configurações das mãos para, por exemplo, inflexões do tronco, agachar e ficar na ponta dos pés. Esses interesses revelaram os corpos dos participantes, colocados em interação, como participantes e representantes de objetos matemáticos, intencionando uma expansão analítica mais holística dos corpos humanos (KELTON, Ma, 2018).

O movimento das mãos pode ser interpretado como gestos, na interação sujeito-sujeito, sujeito-tecnologia [como no estudo de Ferreira (2021)] ou como movimento de tocar na tela. Moyer-Packenham *et al.* (2019) se preocuparam em considerar a Cognição Corporificada no campo dos Movimentos das Mãos (Toques em Tela), revelando que tocar na tela de um dispositivo móvel possibilitou aprendizagens matemáticas. De acordo com os autores, a ação de tocar na tela incentiva estratégias de nível superior, melhora a precisão sobre o pensamento matemático e possibilita significações potencialmente mais elevadas no desenvolvimento da aprendizagem matemática. A manipulação virtual tem mostrado resultados consistentes e positivos com relação à aprendizagem de crianças, pois oportuniza a produção de conhecimentos matemáticos, incentiva estratégias de nível superior e melhora significativamente as interações no processo de aprendizagem (MOYER-PACKENHAM *et al.*, 2019). Assim, a integração percepto motora das crianças, ao interagirem com objetos matemáticos na tela sensível ao toque, entrelaça ação e pensamento, incorporando ideias matemáticas abstratas.

Os estudos de Kopcha, Oçak e Qian (2021) e Botzer e Yerushalmy (2006) inseriram a Cognição Corporificada no campo dos Movimentos das Mãos (Gestos), mas sem se preocuparem em analisar algum gesto específico, como feito nos estudos E7 e E23. No trabalho de Kopcha, Oçak e Qian (2021), encontra-se sustentação teórica consistente sobre a importância dos gestos no processo educativo, revelando que eles representam uma conexão entre o modo de pensar e a experiência corporal no mundo. Ainda, defenderam que os gestos são uma forma de evidenciar que o corpo está envolvido no pensar e no falar sobre ideias, sendo os gestos assumindo uma função comunicativa (KOPCHA; OÇAK; QIAN, 2021). De igual modo, Botzer e Yerushalmy (2006) afirmaram que os movimentos das mãos podem ser utilizados para explorar construções matemáticas (como, por exemplo, gráficos) e que os gestos podem surgir junto com enunciados linguísticos, compartilhando informações sensoriais e comunicando características visuais de objetos matemáticos.

Outro enfoque encontrado foi relacionar a Cognição Corporificada no campo do Movimentos Cinéticos do Corpo (“Teoria da Matemática na Carne”). Essa perspectiva foi utilizada por Bautista, Roth e Thom (2011), afirmando que a “Teoria da Matemática na Carne” é uma abordagem radical para a corporificação do conhecimento matemático e, ainda, sugerindo que o movimento cinético do corpo humano constituiu uma condição necessária para o surgimento do conhecimento matemático abstrato. Os autores fizeram uma crítica às pesquisas sobre Cognição Corporificada, pontuando que muitas delas apresentam a cinética do corpo como uma mera expressão coincidente do conhecimento abstrato da mente, mas não mostram, efetivamente, que essa mesma cinética do corpo vivo/vivido é realmente fundamental e necessária para a matemática. Desse modo, os autores alertam que a produção de gestos, gesticulações ou outros movimentos corporais podem não significar que o comportamento cinético humano seja parte integrante da compreensão matemática (BAUTISTA; ROTH; THOM, 2011). Ao defenderem a “Teoria Matemática da Carne”, os autores denunciam que uma explicação verdadeira do conhecimento e do aprendizado matemático só seria possível quando o movimento cinético do corpo — ou melhor, da carne — for conceituada como um pré-requisito necessário para o sentido matemático, e uma distinção fenomenológica entre corpo material (que não possui intencionalidade e memória corporificada) e a carne (possui intencionalidade e memória corporificada) for realizada.

Caminhando para o último enfoque, Abrahamson e Trninić (2014) realizaram um estudo com foco nos Movimentos das Mãos, em um sentido mais geral do termo. Ao proporem que os estudantes utilizassem as mãos para resolver um comando em um

sensor de movimento, instalado em um computador, os autores chamaram a atenção de que a coordenação manual ofereceu mudanças em esquemas percepto motores, cuja aprendizagem envolveu um grau de construção de sentido no mundo, que está próximo ao cerne da aprendizagem conceitual (ABRAHAMSON; TRNINIC, 2014). Para esses autores, as ações mentais são incorporadas no sentido de serem fundamentadas em simulações de processos sensório-motores, atividades na percepção corporal e ação.

Diante dos enfoques apresentados é possível inferir que a Cognição Corporificada tem sido utilizada sob diferentes perspectivas nas pesquisas em Educação Matemática, o que alerta para uma diversidade de modos de compreender a participação do corpo no processo de aprendizagem, sendo o enfoque dos “Movimentos das Mãos” o que mais se destacou no campo investigativo.

Acerca de qual(is) objeto(s) matemático(s) têm sido desenvolvidas as pesquisas em Cognição Corporificada, na Educação Matemática?

Esta revisão nos revelou que diferentes objetos matemáticos têm figurado nas pesquisas em Cognição Corporificada, mostrando que essa perspectiva de investigação não ocorre, exclusivamente, em determinados campos do conhecimento matemático. No Quadro 9, encontramos uma ampla possibilidade de associar a matemática às pesquisas em corporificação para compreensão do fenômeno educativo.

Quadro 9 - Objetos Matemáticos nas Pesquisas em Cognição Corporificada

Temática	Estudo	Conhecimento Matemático
Conhecimento Matemático	E2	Trigonometria (Gráficos Cartesianos Trigonométricos)
	E6	Trigonometria no Círculo Trigonométrico
	E7	Bases Numéricas
	E8	Transformações no Plano (Operações com Matrizes, Cálculo de Determinantes e Resolução de Sistemas Lineares)

E10	Gráficos Cartesianos (Movimento Retilíneo)
E15	Função Polinomial de 1º Grau
E20	Triângulos
E23	Senso Numérico (Número)
E24	Sentido Numérico, Razão e Proporção
E27	Diversos (Quadrados, Medida de Ângulos, Precisão Numérica, Distância, Raciocínio Multiplicativo e Raciocínio Proporcional)
E31	Geometria Espacial
E33	Proporcionalidade
E42	Diversos (Geometria, Frações, Divisão, Ângulos, Números na Reta Numérica, Números Decimais e Arredondamento)
E57	Gráficos

Fonte: Elaborado pelos autores

Cada um desses conhecimentos matemáticos teve alguns desdobramentos. No estudo de Silva (2013), foram discutidos gráficos cartesianos trigonométricos, distância, a relação entre velocidade e tempo em um movimento, o conceito de movimento factivo e sua relação com fenômenos periódicos, em particular, a senoide. Já na investigação de Goios (2010), as discussões sobre trigonometria colocaram foco em estimativas sobre o seno de alguns ângulos, o conceito de função seno no círculo trigonométrico e análises de projeções sobre o eixo dos senos e dos cossenos. Por sua vez, ainda no campo dos estudos das funções, Ladeira (2015) propôs uma pesquisa que discutiu função polinomial de 1º grau, perpassando por atividades investigativas sobre função crescente, decrescente, constante e identificação de função com coeficiente linear diferente de zero.

No campo da geometria, Nemirovsky e Ferrara (2009) investigaram orientações particulares para um triângulo, tendo por base discussão de decomposição em

coordenadas x e y tornadas visíveis pelas luzes de laser em painéis, cujas análises fizeram emergir a tipologia equilátera para triângulos. Já Bautista, Roth e Thom (2011) propuseram atividades em que os estudantes necessitaram classificar uma variedade de sólidos geométricos em um número não especificado de grupos, com base em outros critérios, além da cor e tamanho relativo dos objetos. A coleção incluiu sólidos geométricos genéricos (esferas, cubos, pirâmides, diferentes tipos de prismas), bem como objetos reconhecíveis (caixa de creme, clipe de buldogue, lata de sopa).

Na esfera de discussões aritméticas, o estudo de Tucker e Johnson (2020) envolveu discussões e aprendizagens sobre sentido numérico, que se embasou no reconhecimento e representação de quantidade, composição e decomposição. Ainda nessa linha de discussão, Kelton e Ma (2018) propuseram uma linha numérica, em que os estudantes encenaram pontos em uma reta numérica constituída por uma fita esticada no chão, envolvendo a necessidade de dobrar, triplicar, quadruplicar e quintuplicar distâncias, reconhecendo, também, números negativos e positivos (esquerda e direita). Nesse mesmo estudo, investigando razão e proporção, as atividades envolveram uma pessoa criando um intervalo de espaço entre suas duas mãos ou uma mão e o chão, de modo que a segunda pessoa era convidada a colocar a mão na metade do caminho entre as extremidades do intervalo, de modo que a movimentação das mãos deveria manter as mesmas proporções. Trabalhando de forma diferenciada, Abrahamson e Trninic (2014) propuseram o uso do dispositivo *Mathematical Imagery Trainer for Proportion (MIT-P)* que foi programado na proporção 1:2 para ficar verde, caso as mãos dos estudantes estivessem posicionadas a frente do dispositivo nessa proporção; ou vermelho, em caso de desrespeito à essa programação, sendo que os participantes não sabiam dessa relação proporcional e tinham que manter, mesmo em movimento, a tela verde.

Continuando as investigações no campo numérico, sobretudo em bases numéricas, Ferreira (2021) propôs atividades para o ensino e aprendizagem de outras bases numéricas, compreendendo que esses estudos são importantes no desenvolvimento da compreensão de conceitos presentes no Sistema de Numeração Decimal (SND). Assim, os estudantes executaram tarefas matemáticas em dispositivos móveis tipo *tablet*, no aplicativo Multibase, que estimularam a compreensão dos agrupamentos e desagrupamentos de acordo com a base 2 e 5. De forma similar, estimulou-se, também, a compreensão de agrupamentos e desagrupamentos com a base decimal, em painéis lisos ou pré-definidos [Quadro Valor de Lugar (QVL)].

No tocante aos estudos de gráficos, Faria (2010) propôs um trabalho com gráficos

de movimento retilíneo em uma situação-problema, para a qual os estudantes se envolveram na construção de um gráfico cartesiano (posição x tempo) que pudesse representar a situação. A análise desse gráfico continuou com o uso de sensores de movimento e calculadoras gráficas, fazendo comparações, reconstruções e justaposições gráficas. Por sua vez, Botzer e Yerushalmy (2006) envolveram os estudantes na construção de gráficos de movimentos realizados com o *mouse* de um computador e na interpretação do movimento realizado, que abarcou movimentação crescente, decrescente e constante, inclinação, ponto de máximo, concavidade, ponto de inflexão, entre outros conhecimentos matemáticos.

No contexto das discussões sobre Transformações no Plano, Barbosa (2014) versou suas investigações na compreensão de ideias relativas às transformações, envolvendo matrizes. De modo geral, segundo o autor, seu estudo se reduziu às operações com matrizes, ao cálculo de determinante e à resolução de sistemas lineares. Suas atividades abrangeram movimentos de transformações (translação e rotação), reflexão em relação aos eixos, cisalhamento, manipulação de parâmetros na representação matricial associada à transformação para modificar a representação no plano e multiplicação de matrizes para gerar transformações.

Para encerrar essas análises sobre o conhecimento matemático, identificou-se dois trabalhos que obtiveram como resultados uma diversidade de conhecimentos matemáticos. No trabalho de Kopcha, Ocaik e Qian (2021), os estudantes utilizaram conhecimentos sobre medida de ângulo, precisão numérica, distância, raciocínio multiplicativo e raciocínio proporcional em uma tarefa de robótica computacional, envolvendo programação. Por exemplo, as crianças utilizaram o raciocínio multiplicativo com a manipulação simbólica de movimentos unitários pela metade e pelo dobro, e o raciocínio proporcional para criar movimentos de unidade para controlar o robô. Ainda nessa diversidade de objetos matemáticos, Moyer-Packenham *et al.* (2019) propuseram quatro experimentos com aplicativos que envolviam conhecimentos sobre localização e construção de formas geométricas, fração, divisão, criação de ângulos de n graus, localização de números em uma linha numérica, números decimais nos décimos e centésimos, construção de formas triangulares, valor posicional, plano coordenado, números negativos e fração.

Como pode ser visto, essas análises denunciaram uma variedade de conhecimentos matemáticos que estiveram presente nas pesquisas em Cognição Corporificada, mostrando que não há um campo de conhecimento específico quando se busca

DOI: 10.12957/e-mosaicos.2023.71333

estabelecer relação entre ensino e aprendizagem de matemática e cognição corporificada, mas existe uma ênfase em investigar nos campos da Geometria e da Trigonometria, em comparação com Números e Operações.

Com suporte de qual(is) recurso(s) tecnológico(s) digital(is) têm sido desenroladas as pesquisas em Cognição Corporificada, na Educação Matemática?

A maiorias das pesquisas em Cognição Corporificada, selecionadas nesta revisão, utilizaram diferentes recursos tecnológicos digitais no processo de investigação do conhecimento matemático, como podemos observar no Quadro 10.

Quadro 10 - Recursos Tecnológicos Digitais nas Pesquisas em Cognição Corporificada

Temática	Estudo	Tecnologia
Recurso Tecnológico Digital	E2 e E10	Sensor de Movimento e Calculadora Gráfica
	E6, E8, E27, E33 e E57	Computador
	E7 e E42	Tablet
	E15	<i>Smartphone</i> e Celular
	E23	iPad

Fonte: Elaborado pelo autor

Com exceção dos estudos que utilizaram tecnologias digitais, destaca-se a pesquisa de Nemirovsky e Ferrara (2009) que utilizou um dispositivo analógico chamado “*Pointer Device*”, que consistiu de dois ponteiros laser mantidos a 90° uns dos outros. Por sua vez, a investigação de Bautista, Roth e Thom (2011) utilizaram sólidos geométricos de materiais diversos, envolvendo geometria e aprendizado matemático corporificado. Por fim, Kelton e Ma (2018) não utilizaram nenhum recurso tecnológico em sua investigação, sendo as tarefas realizadas no ginásio de esportes da escola e na própria sala de aula, envolvendo

apenas o uso do corpo inteiro na resolução das tarefas matemáticas, em uma perspectiva de aprendizagem corporificada.

Relativo ao uso de tecnologias digitais, dentro de uma classificação menos usual, identificou-se os estudos de Silva (2013) e Faria (2007) que desenvolveram atividades com uso de *Sensor de Movimento e Calculadora Gráfica*. Segundo Silva (2013), esses recursos viabilizaram experiências corpóreas de movimentos espaciais e seus respectivos gráficos em relação ao tempo. Nessa pesquisa, foram utilizados o Sensor de Movimento *CBR2* e a Calculadora Gráfica *nSpire*, ambos da *Texas Instruments*. Por sua vez, Faria (2007) utilizou o Sensor de Movimento *CBR2* e a Calculadora Gráfica *TI 89*, de modo que os estudantes pudessem gerar um gráfico do seu movimento corporal, aproximando-se, afastando-se ou parado, em relação à parede, cujo gráfico era um “feedback” imediato do movimento, propiciando análise e compreensão do conhecimento matemático e a representação da ação corporificada.

Outras tecnologias digitais foram utilizadas, agora em uma classificação mais usual, como: computadores, *tablets*, celulares e *iPads*. Com relação ao computador, Goios (2010) afirmou que eles possibilitaram a exploração do conhecimento matemático, transformando o processo educativo em um cenário investigativo, enquanto que Barbosa (2014) considerou essas tecnologias um caminho para fortalecer o envolvimento dos estudantes na aprendizagem. Os *tablets*, por sua vez, são ferramentas que possibilitam modos de pensar e fazer matemática, potencializadas pelo uso do corpo, proporcionando novas formas de interagir com as peças virtuais (FERREIRA, 2021), perspectiva essa que coadjuva, também, com as potencialidades dos usos de *iPads* no processo educativo. De modo semelhante, os celulares são instrumentos mediáticos de aprendizagem e podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem de conceitos matemáticos (LADEIRA, 2015) quando neles são propostas tarefas matemáticas, cujo corpo é o meio de entrada e interação.

A partir desse movimento de uso de tecnologias digitais nas pesquisas em Cognição Corporificada, identificou-se que as investigações utilizaram diferentes recursos tecnológicos, evidenciando que essas ferramentas possibilitam e coadjuvam na produção de conhecimento matemático, em parceria com os princípios que fundamentam a perspectiva da existência de uma matemática corporificada. Além disso, a utilização de computadores se destacou nesse campo investigativo, em comparação à utilização de tecnologias móveis, como *tablets* e celulares.

2.4 REDAÇÃO E DIVULGAÇÃO

2.4.1 ETAPA 10: ESCREVER O TEXTO DA REVISÃO

Após realizar todas as etapas da revisão, o resultado final pode se materializar em um relatório, um artigo ou uma resenha (PETTICREW; ROBERTS, 2006). Além disso, a versão final precisa incluir detalhes da pesquisa completa e o “fluxo” dos estudos durante o processo de revisão, incluindo quantos estudos foram excluídos em cada fase e por quê (PETTICREW; ROBERTS, 2006). Assim, esta revisão em divulgação, proveniente de uma Tese de Doutorado Profissional que se encontra em andamento no Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática do Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes, é um recorte de uma produção em formato de relatório, cuja natureza possibilitou apresentar dados sem perdas da qualidade do protocolo e das etapas executadas. Ainda, o detalhamento do processo e das análises ocorreu por meio de quadros, transparecendo a seriedade depositada em cada etapa da revisão.

2.4.2 ETAPA 11: DIVULGAR A REVISÃO

Esta etapa se preocupa em definir o público-alvo da revisão e um plano de divulgação das descobertas (PETTICREW; ROBERTS, 2006). A divulgação pode ocorrer por meio de Conferências, Seminários, Periódicos Científicos, Livros, Pesquisa Científica, Reuniões Públicas, Mídias, Website e por muitos outros meios de comunicação. Assim pensando, o Quadro 12 apresenta a definição do público-alvo e da forma de divulgação desta revisão.

Quadro 11 - Definições sobre Público-alvo e Divulgação

Definição	Descrição
Público-alvo	Professores que Ensinam Matemática na Educação Básica; Pesquisadores de Programas de Pós-graduação Profissionais ou Acadêmicos em Educação Matemática ou Educação em Ciências e Matemática ou Ensino de Matemática ou Educação; e Mestrandos(as) e Doutorandos(as) que pesquisam a respeito de Educação Matemática, Tecnologias e Neurociência.

Divulgação	Capítulo de Tese de Doutorado Profissional; Artigo Científico [Qualis CAPES \geq B2], Capítulo de Livro, Seminários e Conferências.
-------------------	---

Fonte: Elaborado pelos autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises apontaram que as pesquisas envolvendo Cognição Corporificada e Tecnologias Digitais se desenvolvem a partir de diferentes enfoques e recursos tecnológicos, evidenciando que se trata de um campo de múltiplas perspectivas investigativas, com resultados promissores no campo do fenômeno do ensino e da aprendizagem. Isso mostra que pesquisadores em Educação Matemática têm lançado esforços significativos sobre essa temática, buscando progressos científicos que possam, ainda mais, subsidiar processos formativos capazes de gerar (des)construções a respeito do ensino e da aprendizagem matemática.

Essa revisão, como já mencionado, é um recorte de uma pesquisa científica mais ampla, ainda em andamento, e que se preocupa com novos avanços envolvendo Cognição Corporificada, Tecnologias Digitais e Conhecimento Matemático. Os resultados apresentados revelaram que três dos enfoques sobre Cognição Corporificada estiveram relacionados aos Movimentos das Mãos, envolvendo análises de gestos ou toques em tela, sinalizando uma linha de investigação que possui ramificações diversas. Ainda, em sua maioria, as pesquisas utilizaram Computadores como recursos tecnológicos, sendo que algumas delas empregaram o uso de *tablets* como ambiente tecnológico de manipulação e interação no processo de aprendizagem, a partir dos movimentos das mãos. Acredita-se que a ampla utilização desses recursos tem relação com a popularização dessa ferramenta, bem como sua indicação para uso nos ambientes escolares, atendendo demandas sociais e educacionais. Por fim, as análises não apontaram investigações preocupadas, diretamente, como o desenvolvimento da aprendizagem de multiplicação e divisão, mas apenas vestígios do raciocínio multiplicativo.

A partir dessas evidências, a tese em andamento tem buscado um diálogo entre Movimentos da Mãos (gestos e toques em tela), *tablets* (recurso ainda pouco presente nas salas de aula da Educação Básica, e que exige do usuário uma interação gestual mais ativa, haja vista que a execução de comandos é o resultado dessa interação sujeito-

DOI: 10.12957/e-mosaicos.2023.71333

tecnologia, que é física e mental, logo corporificada) e aprendizagem do Campo Conceitual Multiplicação (Multiplicação e Divisão), em paralelo com a perspectiva metodológica de Resolução de Problemas, suprindo a carência identificada a partir dessa revisão sistemática, avançando e compreendendo, ainda mais, as potencialidades de gestos e toques em telas na aprendizagem de matemática.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), pelo apoio financeiro e institucional que tornou possível o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAMSON, D.; TRNINIC, D. Bringing forth mathematical concepts: signifying sensorimotor enactment in fields of promoted action. *ZDM Mathematics Education*, v. 47, p. 295–306, 2015.
- BAIRRAL, M. Not Only What is Written Counts! Touchscreen Enhancing our Cognition and Language. *Global Journal of Human-Social Science Research*, [S.l.], n. 5-G, v. 20, p. 1-11, 2020.
- BARBOSA, A. C. M. *Transformações no plano: alunos do ensino médio interagindo em ambiente colaborativo virtual*. 2014. 174 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Anhanguera de São Paulo. São Paulo. 2014.
- BAUTISTA, A.; ROTH, Wolff-Michael; THOM, J. 2012. Knowing, Insight Learning, and the Integrity of Kinetic Movement. *Interchange*, v. 42, p. 363-388, 2012.
- BOALER, J. *et al.* Seeing as understanding: the importance of visual mathematics for our brain and learning. *Journal of Applied & Computational Mathematics*, Bruxelas, v. 5, n. 5, p. 1-17, 2016.
- BORBA, M. C; SILVA, R. C. da; GADANIDIS, G. *Fases das tecnologias digitais em educação matemática: sala de aula e internet em movimento*. Belo Horizonte: Autêntica, 2015. 149 p. (Coleção Tendências em Educação Matemática).
- DAMÁSIO, A. *O erro de descartes: emoção, razão e o cérebro humano*. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.
- DAMÁSIO, A. *Em busca de Espinosa: prazer e dor na ciência dos sentimentos*. São Paulo: Cia. das Letras, 2004.
- EDWARDS, L. D. Embodied cognitivias science and mathematics. In: UBUZ, B. (Ed). *Proceedings of the 35th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, vol. 2, p. 297-304, Ankara, Turkey: PME, 2011.
- FARIA, R. *Elaborando e lendo gráficos cartesianos que expressam movimento: uma aula utilizando sensor e calculadora gráfica*. 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo. 2007.
- FERREIRA, K. A. P. *O aplicativo multibase e bases numéricas diversas: um estudo sobre a contribuição dos gestos na aprendizagem*. 2021. 156 F. Dissertação (Metrado em Educação em Ciências e Matemática) - Instituto Federal do Espírito Santo. Vitória. 2021.
- FREITAS, E. de; SINCLAIR, N. *Mathematics and the body: material entanglements in the classroom*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

DOI: 10.12957/e-mosaicos.2023.71333

GOIOS, D. F. *Potencialidades didático-pedagógicas de um objeto para aprendizagem: uma análise através da Teoria da Cognição Corporificada para o ensino de trigonometria*. 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Bandeirante de São Paulo. São Paulo. 2010.

HENRIQUE, M. P. *GeoGebra no clique e na palma das mãos: contribuições de uma dinâmica de aula para construção de conceitos geométricos com alunos do ensino fundamental*. 2017. 99 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica. 2017.

KELTON, M.; Ma, J. Reconfiguring mathematical settings and activity through multi-party, whole-body collaboration. *Educational Studies in Mathematics*, v. 98, p. 1-20, 2018.

KOPCHA, T. J.; OCAK, C.; QIAN, Y. Analyzing children’s computational thinking through embodied interaction with technology: a multimodal perspective. *Educational Technology Research and Development*, v. 69, p. 1987–2012, 2021.

KRAUSE, C. M. *The Mathematics in our hands: how gestures contribute to constructing mathematical knowledge*. Wiesbaden: Springer Spektrum, 2016.

LADEIRA, V. P. *O ensino do conceito de funções em um ambiente tecnológico: uma investigação qualitativa baseada na teoria fundamentada sobre a utilização de dispositivos móveis em sala de aula como instrumentos mediáticos da aprendizagem*. 2015. 256 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2015.

MANSUR, D. R.; ALTOÉ, R. O. Ferramenta tecnológica para realização de revisão de literatura em pesquisas científicas: importação e tratamento de dados. *Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco*. Vitória, v. 10, n. 1, p. 1-21, 2021.

MOYER-PACKENHAM, P. *et al.* How Design Features in Digital Math Games Support Learning and Mathematics Connections. *Computers in Human Behavior*, v. 91, p. 1-60, 2018.

NEMIROVSKY, R.; FERRARA, F. Mathematical imagination and embodied cognition. *Educational Studies in Mathematics*, v. 70, p. 159–174, 2009.

PETTICREW, M.; ROBERTS, H. *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. USA: Blackwell Publishing Ltd, 2006.

ROBUTTI, O.; EDWARDS, L. D.; FERRARA, F. Enrica’s explanation: multimodality and gesture. In: TSO, T. Y. (Ed.). *Proceedings of the 36st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, vol. 4, p. 27-33. Taiwan PME, 2012.

SILVA, W. Q. da. *Corporeidade e Gráficos Cartesianos: a variável Tempo em Fenômenos Periódicos*. 2013. 255 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Anhanguera de São Paulo - São Paulo. 2013.

DOI: 10.12957/e-mosaicos.2023.71333

SCHEFFER, N. F. *Corpo-tecnologias-matemática: uma interação possível no ensino fundamental*. Erechim: EdIFAPES, 2002. 224 p. (Série Pensamento Acadêmico, v. 16).

TUCKER, S. I.; JOHNSON, T. N. Developing number sense with Fingu: a preschooler's embodied mathematics during interactions with a multi-touch digital game. *Mathematics Education Research Journal*, p. 1-25, 2020.

TVERSKY, B. G. *Mind in motion: how action shapes thought*. New York: Basic Books, 2019.

BOTZER, G.; YERUSHALMY, M. Interpreting motion graphs through metaphorical projection of embodied experience. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, v. 13, p.1-12, 2006.

GEROFSKY, S. Making sense of the multiple meanings of 'embodied mathematics learning'. In: OESTERLE, S. et al. (Eds). *Proceedings of the 38th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, vol. 3, p. 145-152, Vancouver, Canada: PME, 2014.

Recebido em 18 de novembro de 2022

Aceito em 12 de julho de 2023



A e-Mosaicos Revista Multidisciplinar de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura do Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira (Cap-UERJ) está disponibilizada sob uma Licença [Creative Commons - Atribuição - NãoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Os direitos autorais de todos os trabalhos publicados na revista pertencem ao(s) seu(s) autor(es) e coautor(es), com o direito de primeira publicação cedido à e-Mosaicos.

Os artigos publicados são de acesso público, de uso gratuito, com atribuição de autoria obrigatória, para aplicações de finalidade educacional e não-comercial, de acordo com o modelo de licenciamento *Creative Commons* adotado pela revista.