

MOVIMENTOS EPISTÊMICOS E O PENSAMENTO MATEMÁTICO: ANÁLISE DE GESTOS E TOQUES EM TELA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE ESTRUTURAS MULTIPLICATIVAS NO ENSINO FUNDAMENTAL

Renan Oliveira Altoé¹

Rony Cláudio De Oliveira Freitas²

RESUMO:

Este artigo tem como objetivo apresentar análises de movimentos epistêmicos realizados por estudantes no processo de resolução de situações de estruturas multiplicativas. De natureza qualitativa, em uma abordagem interpretativa, os dados foram produzidos com quatro estudantes de um 4º ano de uma Escola Municipal de Educação Básica de Tempo Integral (EMEBTI) do município de Vargem Alta – ES, contando com gravações de áudio e vídeo e registros escritos dos estudantes como instrumentos de produção de dados. Com base em estudos sobre Resolução de Problemas, Dispositivos Móveis com Toques em Tela e Cognição Corporificada, a interpretação dos movimentos epistêmicos (gestos e toques em tela) realizados pelos estudantes no desenvolvimento da história “O Mistério dos Cubinhos Dobrados”, enquanto investigavam situações matemáticas de multiplicação, ocorreu por meio da Representação Esquemática Multimodal de Análise de Dados (REMAD). As análises evidenciaram que os movimentos gestuais e de toques em tela figuraram na resolução de problemas matemáticos, revelando ações epistêmicas dos modos de pensar matematicamente, por meio de ações de *coletar*, *conectar* e *reconhecer estruturas*. Esses resultados reforçam que as ações mentais podem ser observadas por meio dos movimentos das mãos, constituindo uma forma de transparecer e materializar o pensamento na interação social.

PALAVRAS-CHAVE: Movimentos epistêmicos. Dispositivos móveis. Resolução de problemas. Cognição corporificada. Estruturas multiplicativas.

¹ Secretaria Estadual de Educação do Espírito Santo. E-mail: renan.o.altoe@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-3634-4166>

² Instituto Federal do Espírito Santo. E-mail: freitasrco@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-9044-3109>

EPISTEMIC MOVEMENTS AND MATHEMATICAL THINKING: ANALYSIS OF GESTURES AND TOUCHES ON THE SCREEN IN SOLVING PROBLEMS OF MULTIPLICATIVE STRUCTURES IN ELEMENTARY EDUCATION

ABSTRACT:

This article aims to present analyses of epistemic movements made by students in the process of solving multiplicative structure situations. Of a qualitative nature, in an interpretive approach, the data was produced with four 4th grade students from a Municipal School of Full-Time Basic Education (EMEBTI) in the municipality of Vargem Alta - ES, using audio and video recordings and students' written records as data production tools. Based on studies on Problem Solving, Mobile Devices with Screen Touches and Embodied Cognition, the interpretation of the epistemic movements (gestures and screen touches) made by the students during the development of the story "The Mystery of the Folded Cubes", while they were investigating mathematical situations involving multiplication, took place using the Multimodal Schematic Representation of Data Analysis (REMAD). The analyses showed that gestural movements and screen touches were involved in solving mathematical problems, revealing epistemic actions in the ways of thinking mathematically, through actions of collecting, connecting and recognizing structures. These results reinforce that mental actions can be observed through hand movements, constituting a way of showing and materializing thought in social interaction.

KEYWORDS: Epistemic movements. Mobile devices. Problem solving. Embodied cognition. Multiplicative structures.

1. INTRODUÇÃO

O processo educacional tem reconhecido a importância das interações sociais da sala de aula, considerando que os diferentes modos de expressão são elementos fundamentais na compreensão e na produção de conhecimentos. A partir dessa perspectiva, temos defendido que a aprendizagem matemática necessita valorizar diferentes modos de expressar ideais na comunicação, contribuindo para que os estudantes pensem sobre seus conhecimentos matemáticos, expressando-os. Entendemos que a interação é qualquer intercâmbio comunicativo concebido entre sujeitos de um ambiente de aprendizagem, em uma relação dinâmica, não estática (Bairral, 2021), em que aprender constitui um evento social no qual o conhecimento é construído entre os indivíduos (Krause, 2016).

Ao considerarmos diferentes formas de expressar e produzir conhecimentos em sala de aula, reconhecemos a potencialidade de recursos tecnológicos como ferramentas que contribuem para a

tomada de decisões, contribuindo para a ampliação do desenvolvimento do pensamento matemático. Nessa perspectiva, temos defendido a presença de Dispositivos Móveis com Toques em Tela como ferramentas de interação social (sujeito-dispositivo), que são capazes de fomentar modos de pensar e expressar conhecimentos em situações matemáticas. De acordo com Sinclair e Heyd-Metzuyanim (2014), esses aparatos sensíveis ao toque, a partir da mediação direta, oferecem novas oportunidades de expressividade matemática, permitindo que os estudantes produzam conhecimentos. Nesse caminhar, os processos de interação social e os modos de expressão do conhecimento são ressignificados, pois a comunicação é algo que envolve não apenas palavras faladas ou escritas, mas gestos, expressões faciais e exclamações (Sinclair e Heyd-Metzuyanim, 2014). O discurso não é mais considerado o único recurso de comunicação na interação social, pois o corpo, na sua expressão, é presença e intencionalidade no processo educativo.

Não intencionamos contrapor investigações ou perspectivas que reforcem a importância do ouvir e do falar nos processos de ensino e de aprendizagem, mas estamos interessados em caminhar no sentido da valorização do corpo em suas mais variadas formas, considerando, desta vez, os movimentos das mãos (gestos e toques em tela) nas interações educativas. Essas reflexões encontram sustentação a partir de três conjecturas sobre a relação entre corpo e compreensão da matemática apresentadas por Nemirovsky (2003): 1) As abstrações matemáticas evoluem, em grande parte, das nossas atividades corporais; 2) Compreender e pensar são atividades perceptivo-motoras, ou seja, são distribuídas corporalmente por diferentes áreas de percepção e ação motora; e 3) Aquilo que pensamos emerge nas próprias atividades com as quais interagimos. Assim, estamos interessados apenas nos movimentos que são capazes de revelar ações epistêmicas que, segundo Hershkowitz, Schwarz e Dreyfus (2001), são ações mentais por meio das quais o conhecimento é utilizado ou construído. De acordo com Freitas e Bairral (2023), os movimentos epistêmicos são aqueles que conseguem ajudar a desenvolver e revelar pensamentos, constituindo uma forma de transparecê-los e materializá-los em atos de interação.

Assim, este artigo apresenta análises de movimentos epistêmicos realizados por estudantes no processo de resolução de situações de estruturas multiplicativas³. Os dados que

³ O estudo das Estruturas Multiplicativas mostra que há diferentes tipos de multiplicação ou divisão, ou melhor, várias classes de problemas cuja solução pede uma multiplicação ou uma divisão (Vergnaud, 2014).

veiculamos são oriundos de uma pesquisa de doutorado⁴ defendida no Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (Educimat) do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes).

Nossos resultados buscam sustentar que o estudo de gestos e toques em tela no processo de aprendizagem de matemática possibilita entender como os estudantes mobilizam seus corpos para expressar e produzir conhecimento, e que as diferentes formas de interação entre sujeito-sujeito e sujeito-dispositivo podem provocar novas reflexões sobre como o corpo interage com a tecnologia, aprendendo matemática.

2. GESTOS E TOQUES EM TELA NA APRENDIZAGEM

Nossas ações no mundo são potencializadas pelos modos de comunicar, relacionar e conhecer, evidenciando que nossas interações sociais, individuais ou coletivas, se manifestam por meio de diferentes modalidades. Dessa maneira, “quando vemos, ouvimos, tocamos, saboreamos ou cheiramos, o corpo e o cérebro participam na interação com o meio ambiente [...]” (Damásio, 2012, p. 201), confirmando 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.

Na defesa de que o corpo, em sua totalidade, é expressividade da nossa existência e participa ativamente das nossas interações com mundo, temos assumido o corpo como parte de um ecossistema no mundo real, como coadjuvante do mundo virtual, como parte do mundo físico, como fonte de evidência de aprender e comunicar processos inconscientes e como recurso para uma pedagogia consciente, sendo esses entendimentos compartilhados por Gerofsky (2014). Adotamos, portanto, o posicionamento de um corpo que compreende nosso pensamento, nossos sentimentos e nosso agir (Damásio, 2004), a partir de uma relação inseparável entre cérebro-corpo, cuja síntese constitui um organismo vivo que traduz o que se entende por mente humana (Damásio, 2012).

Considerando o processo educacional, em que corpos estão em constante interação, nossa intenção é olhar cuidadosamente para o corpo como característica fundamental no processo de aprendizagem (Boaler *et al.*, 2016; Berteletti e Booth, 2015). Assim, a matemática escolar necessita romper paradigmas de que suas práticas pedagógicas devem valorizar, exclusivamente, o estudo de

⁴ Aprovada pelo Conselho de Ética e Pesquisa (CEP): CAAE nº 68528023.3.0000.5072 e Parecer de nº 6.127.066.

axiomas e teoremas, pressupondo uma aprendizagem em nível de abstração, e caminhar, apressadamente, para a inclusão do papel do corpo nas interações que são estabelecidas na prática educativa. Dar importância ao corpo é prezar pela sua eficiência na construção de diferentes representações, pois “quando os alunos aprendem por meio de abordagens visuais, eles passam a ter acesso a compreensões novas e profundas [...]” (Boaler *et al.*, 2016, p. 2, tradução nossa), gerando distintas aprendizagens matemáticas, com novas formas de pensar e agir.

As discussões, nessa vertente, têm mostrado que o conhecimento matemático pode ser compreendido a partir de diferentes modos de expressão, seja a partir do discurso, das escritas (palavras, símbolos e gráficos) ou até da interação física que estabelecemos com os objetos. Esses diferentes modos de expressão têm forte relação com o conceito de multimodalidade. Para Robutti, Edwards e Ferrara (2012), multimodalidade são recursos culturais, sociais e corporais disponíveis para receber, criar e expressar significado. Nemirovsky e Ferrara (2009) reconhecem que eles estão presente nos discursos, pois quando os estudantes e professores interagem entre si para discutirem tarefas matemáticas, eles utilizam gestos, olhares, palavras, esboços e produções em quadros brancos interativos ou em *software*.

Essa constatação sinaliza para uma natureza multimodal da cognição, ou seja, um cérebro multimodal. Em outras palavras, “a mente encontra-se incorporada, na plena acepção da palavra, e não apenas ‘cerebralizada’” (Damásio, 2012, p. 119). De acordo com Nemirovsky e Ferrara (2009), a existência dessa natureza multimodal e do sistema sensorio-motor do cérebro constitui a razão pelas quais os processos cognitivos humanos são constituídos não apenas por atividade simbólica, mas também pelas atividades perceptuosensoriais-motoras-imaginárias. Assim, defendemos que o cérebro e o restante do corpo constituem um organismo indissociável e ambos são responsáveis pelas operações fisiológicas que denominamos como mente (Damásio, 2012), ressaltando que cérebro e corpo não estão em patamares diferentes na interação, 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, tradução nossa).

O papel do corpo na aprendizagem está associado a um campo de estudos chamado “Cognição Corporificada” (do inglês, *Embodied Cognition*), que tem trazido importantes reflexões sobre a participação que os movimentos corporais têm no fenômeno da aprendizagem. Especialmente no campo dos gestos como expressão do “corpo que fala”, Robutti, Edwards e Ferrara

(2012) afirmam que versar olhares para os gestos é um caminho que pode contribuir para entendermos a continuidade dos processos de pensamento, examinando não somente que tipo de gesto está no contexto da interação, como uma espécie de taxonomia, mas compreender o seu poder semiótico na produção de conhecimento. Importante destacar que “gestos são não convencionalizados, mas são movimentos idiossincráticos e espontâneos” (Krause, 2016, p. 57, tradução nossa) e isso nos leva a considerar que, nessa interação social, os gestos aparecem como componentes básicos das atividades semióticas que se vê na sala de aula (Arzarello *et al.*, 2009), assumindo, por exemplo, função representacional das nossas ações (Tran; Smit; Buschkuehl, 2017) ou comunicativa (Arzarello *et al.*, 2009).

Ao adentrarmos no mundo dos toques em tela, encontramos defesas igualmente sólidas da capacidade representativa dos movimentos realizados nesses dispositivos, bem como sua relação com modos de pensar matematicamente. De acordo com Bairral (2014), os toques em tela são ações humanas, corporificadas, culturais, multimodais e revelam o pensamento dos estudantes enquanto realizam tarefas matemáticas. Assim, “[...] as manipulações que fazemos na tela de um dispositivo móvel constituem uma forma de transparecer e materializar o pensamento no ato comunicativo, para favorecer uma interação” (Bairral, 2021, p. 64).

Gestos e toques em tela são manifestações do corpo com particularidades e semelhanças, mas se diferenciam no espaço em que são produzidos. Gestos são livres, fazem parte do discurso, são imagéticos e ocorrem nos discursos entre sujeitos; já toques em tela são feitos com a tela ou a partir dela e constituem um sistema simbólico multifacetado que, segundo Bairral (2021, p. 63), “[...] constituem uma outra linguagem e, portanto, possuem particulares e implicações em nosso pensamento”.

Seja qual for o gesto ou o toque em tela realizado pelos estudantes na interação social, estamos interessados naqueles que revelam “o que faz e como” na resolução de uma situação matemática. Assim como Krause (2016), defendemos uma perspectiva investigativa sobre uma função representacional (maneiras pelas quais os gestos ou toques em tela podem representar entidades matemáticas) e epistêmica (formas características em que os gestos ou toques em tela ajudam a agir epistemicamente).

3. PERCURSO METODOLÓGICO

De natureza qualitativa, em uma abordagem interpretativa, a pesquisa foi desenvolvida com 23 estudantes de um 4º ano de uma Escola Municipal de Educação Básica de Tempo Integral (EMEBTI) do município de Vargem Alta – ES, devidamente registrados e autorizados por meio de “Termos de Assentimento e Consentimento Livre e Esclarecidos”. Contudo, a densidade dos dados esteve voltada apenas para as produções de quatro desses estudantes (duas duplas), devidamente selecionados por meio de um “Formulário de Seleção de Duplas”, respondido após a realização de uma “Atividade Diagnóstica de Seleção de Duplas” e com base nos seguintes Critérios de Análise (CA): i) Interação na dupla (CA1); ii) Demonstração de interesse e entusiasmo (CA2); e iii) Assiduidade do estudante nas aulas de Matemática (CA3). As duplas selecionadas foram aquelas que obtiveram maior pontuação final na classificação decrescente, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Codificação das duplas selecionadas e os estudantes participantes.

Codificação da Dupla	Participantes	Pontuação Final
D-B(E03-10/E04-09)	E03-10 ⁵	18 pontos
	E04-09	
D-G(E13-09/E14-09)	E13-09	17 pontos
	E14-09	

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A escolha por uma amostra reduzida se fundamenta na própria complexidade dos modos em que os dados devem ser coletados e analisados em estudos desse tipo, considerando que: 1) O discurso é uma modalidade importante em nossas análises interpretativas, uma vez que estamos considerando gestos e toques em tela que acompanham ou não a fala, implicando que a produção dos dados ocorra em ambiente com a menor quantidade possível de ruídos externos; 2) A análise de gestos ou toques em tela é um processo detalhista e rigoroso, de modo que uma grande quantidade de dados demandaria um esforço sobre-humano nas interpretações; e 3) A produção de uma grande quantidade de dados dependeria de uma diversidade de equipamentos, que no momento estavam

⁵ Optamos por identificar cada estudante pela vogal “E”, acrescida de numeração indo-arábica crescente (01, 02, 03, 04, ...) e da respectiva idade do participante. Portanto, o estudante “E03-10” é o terceiro registrado na classificação crescente, tendo, por sua vez, 10 anos de idade.

indisponíveis e são custosos.

Contando com gravações de áudio e vídeo e registros escritos dos estudantes como instrumentos de produção de dados, os registros dos dados ocorreu por meio de três perspectivas de gravação: 1) Superior (gravação de cima para baixo, abarcando todo o espaço de registro em cima da mesa do estudante); 2) Frontal (gravação de frente, abarcando todo o espaço gestual que os estudantes poderiam utilizar para expressar ideias); e 3) Tela (gravação da tela do tablet a partir do aplicativo *AZ Screen Recorder*). Além desse recurso, a utilização dos registros escritos dos estudantes e do pesquisador, este a partir da observação participante, foram importantes para aprofundar e interpretar os dados produzidos.

Os dados foram produzidos no decorrer da aplicação da história “O Mistério dos Cubinhos Dobrados”, uma produção em formato de narrativa ficcional, na modalidade conto, que compõe um conjunto de 12 histórias de uma proposta educacional, materializada como paradidático, desenvolvida e avaliada no contexto da Educação Básica, e que está vinculada a uma Tese de Doutorado, de autoria de Altoé (2024), desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (Educimat) no Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes).

Desenvolvida a partir de pressupostos metodológicos da Resolução de Problemas, em conexão com elementos didáticos em torno da utilização de Dispositivos Móveis do tipo Tablet, valorizando traços comunicacionais em sua produção, a história “O Mistério dos Cubinhos Dobrados” (Figura 1) se desenvolve em um mapa do tesouro composto por pontos de referência/parada, cada qual apresentando uma situação matemática. Laura e Eduardo, os personagens da história, navegando em uma jangada, para chegarem à ilha do tesouro, necessitavam investigar situações matemáticas envolvendo o conceito de multiplicação associado à ideia de dobro, triplo, quádruplo etc. Para resolver as situações matemáticas presentes na história, cada estudante utilizou o aplicativo Multibase 5.0F instalado em um *tablet*, com o qual foi possível aprender e ampliar conhecimentos em torno da multiplicação, em um espaço de interação sujeito-sujeito e sujeito-dispositivo, desenvolvendo a capacidade de pensar e expressar ideias. Desenvolvido por Freitas (2004), o Multibase foi inspirado no Material Dourado idealizado por Maria Montessori no início do século XX e tem se mostrado eficiente na construção de formas de pensar e fazer matemática, quando utilizado por crianças dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. É um material virtual que possibilita, por meio da manipulação de suas peças em um ambiente digital, o

desenvolvimento de atividades ou processos que podem facilitar o ensino e a aprendizagem de conceitos de números, bases numéricas e operações matemáticas (Freitas, 2019).

Figura 1 – História "O Mistério dos Cubinhos Dobrados".

6.1 HISTÓRIA 01: O MISTÉRIO DOS CUBINHOS DOBRADOS

Antes de começar a aventura, vá até o material de apoio no página 22 e recorte o jogo com os personagens.

18

— Meu Deus! Uma baleia azul de língua dourada!
— Não, Lauri! Veja! A língua não é dourada. São cubinhos de ouro.
— É verdade! São seis cubinhos! Vamos pegá-los e guardá-los em nosso Tablet Mágico!
— Que legal! E essa é só a primeira parada da nossa aventura. Vamos em frente!

Retorne ao mapa e preencha quantos cubinhos as crianças encontraram na boca da baleia.

— Laura, no mapa diz que essa caverna esconde um Caixaote Multiplicador.
— E o que ele faz?
— Quando colocamos os nossos cubinhos dentro, a sua quantidade aumenta!
— Certo! Vou colocar os nossos cubinhos e ver o que acontece.
— Olha o que aconteceu! Os seis cubinhos se transformaram em uma barra e dois cubinhos.
— Você saberia dizer qual multiplicação ocorreu dentro do Caixaote? Utilize o Tablet Mágico para descobrir e registre ao lado o que você descrever.

Retorne ao mapa e preencha o número referente a uma barra e dois cubinhos.

— Chegamos ao **Penhasco Encantado**.
— O mapa mostra que tem outros Caixaotes Multiplicadores por aqui. Olha lá o primeiro!
— Já sei quantos cubinhos teremos depois da mágica do Caixaote! Aparecerão 24 cubinhos!
— Acho que você se enganou, Eduardo. Apareceram 36 cubinhos! Qual multiplicação o Caixaote fez? Vamos investigar no Tablet Mágico e registrar nossa descoberta.

— Agora precisamos chegar ao segundo Caixaote Multiplicador. Ali está ele!
— Será que ele vai multiplicar por dois ou três?
— Apareceram 72 cubinhos. O Caixaote multiplicou por dois!
— Nossa, está ficando difícil registrar essa quantidade no Tablet Mágico. Em quantas barras podemos transformar esses cubinhos?
— Próxima parada é o Vulcão Falante!

— Quem ousa pisar sobre mim?
— Desculpe, senhor Vulcão Falante! Meu nome é Eduardo. Meus amigos e eu estamos em uma aventura de caça ao tesouro.
— É mesmo? Mas daqui vocês só saem se me criarem uma pergunta matemática que relacione a quantidade de barras e cubinhos que vocês têm com o número 288, que é a quantidade de eu quero oferecer a vocês. Registre a pergunta no espaço abaixo.

19

— Ufa! Ainda bem que vencemos o Vulcão Falante e ganhamos seus 288 cubinhos. É essa quantidade que temos a partir de agora em nosso Tablet Mágico. Vamos transformá-la em placas, barras e cubinhos, antes de chegarmos ao Farol Brilhante.

— Olha, Laurinha! Tem uma placa no Farol Brilhante que diz: "Minha luz duplica sua quantidade de placas, barras e cubinhos".
— Então, quantas placas, barras e cubinhos teremos? Vamos utilizar nosso Tablet Mágico, pois precisamos dessa informação para seguirmos para a Ilha dos Ossos.

Teremos placas, barras e cubinhos.
Essa quantidade é a mesma que cubinhos.

Retorne ao mapa e registre a quantidade de cubinhos no Farol Brilhante.

— Pessoal, encontrei outra placa na Ilha dos Ossos e tem uma missão para nós: "Se meus dentes contarem, sua quantidade de placas, barras e cubinhos triplicará".
— Vamos lá! Volte ao mapa e conte os dentes que estão visíveis. Não deixem falar nenhum. Lembre-se que a mesma quantidade que tem de um lado da boca, tem do outro também. Isso significa que o número de dentes é o dobro do que estamos vendo no mapa.
— Eu contei dentes e você?
— Veja, Lauri! Nossas placas, barras e cubinhos triplicaram: agora temos um cubo, sete placas, duas barras e oito cubinhos. Isso significa que temos cubinhos.
— Galera, já consigo avistar a Ilha do Tesouro. Vamos para lá!

Retorne ao mapa e registre a quantidade de cubinhos na Ilha dos Ossos.

— Olá aventureiros! Eu sou o pirata John Felix! Vocês chegaram até aqui, mas não será fácil sair. Abram a baú e vejam a quantidade de cubinhos que há dentro dele.
— Aqui tem 3456 cubinhos. Você concorda Laurinha?
— Sim, Dudu! É isso mesmo!
— Certo! Agora, para saírem desta ilha precisam cumprir um último desafio: a quantidade do baú é o DOBRO, o TRÍPLIO ou o QUÁDRUPLO da quantidade que vocês conquistaram durante a viagem? Utilize o Tablet Mágico para investigar essa situação e registre no espaço abaixo.

Retorne ao mapa e registre a quantidade de cubinhos no baú.

20

— Laura, você acredita que eu ainda não entendi por que essa aventura se chama "O Mistério dos Cubinhos Dobrados"?
— Eu entendi, Dudu. São cubinhos dobrados, pois a quantidade que tinha no baú da Ilha do Tesouro era o DOBRO da quantidade que tínhamos quando chegamos lá.

21

Fonte: Altoé; Freitas (2024).

4. O PERCURSO DE ANÁLISE DOS DADOS

A escolha por uma abordagem interpretativa dos dados está pautada na produção de significados duradouros, em que as interpretações postas sejam compreendidas independentemente da subjetividade do leitor (Jungwirth, 2003). Nessa perspectiva, Jungwirth (2003) aponta que o primeiro passo é selecionar o trecho de análise com o qual iniciar a interpretação extensiva, ou seja, reconstruir o discurso no sistema de linguagem, incluindo a dimensão pragmática. Essa interpretação extensiva pode mostrar outras possibilidades de interpretações, que necessitam ser confrontadas com outras modalidades, permitindo inferir os significados dos enunciados. Em nossa pesquisa, essas modalidades são gestos e toques em tela, inscrição (registro) e discurso (fala).

Por se tratar de uma investigação que considera os gestos como relevantes e constituintes dos modos de pensar, Dreyfus *et al.* (2014, p. 129, tradução nossa) afirmam que “[...] quando o objetivo é analisar os gestos, apenas trechos com gestos são relevantes”. O principal critério para a escolha desses trechos é o potencial dos gestos ou toques em tela para o surgimento de novas construções, pois estamos interessados no papel que eles têm no processo de construção do conhecimento (Dreyfus *et al.*, 2014).

Quando consideramos uma abordagem multimodal na investigação de processos epistêmicos, estamos oportunizando espaço para que ela revele “[...] como os gestos contribuem na preparação das ações epistêmicas” (Krause, 2016, p. 78, tradução nossa) e mostre, também, “[...] como os gestos contribuem no estabelecimento da representação não verbal de objetos matemáticos e, dessa forma, configuram uma representação visual na interação social” (Krause, 2016, p. 78, tradução nossa). Assim, identificar essas contribuições e ações dos gestos e toques em tela requer modos de decodificar, descrever, visualizar, sincronizar e representar as modalidades que servirão na interpretação das interações sociais.

Quando os estudantes interagem com tarefas matemáticas ou com seus pares, independentemente do ambiente de aprendizagem, conhecimentos são construídos, externados ou utilizados por meio de ações que descrevem operacionalmente os processos de abstração. De acordo com Hershkowitz, Schwarz e Dreyfus (2001, p. 203, tradução nossa), essas ações são chamadas de Ações Epistêmicas e “[...] são ações mentais por meio das quais o conhecimento é

utilizado ou construído”, destacando, ainda, que cenários com ricas interações sociais são excelentes para a observação de ações epistêmicas. Assim, a partir de uma adaptação do modelo utilizado por Krause (2016), apresentamos três ações epistêmicas importantes de serem observadas quando os estudantes pensam e agem em tarefas matemáticas, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Ações Epistêmicas.

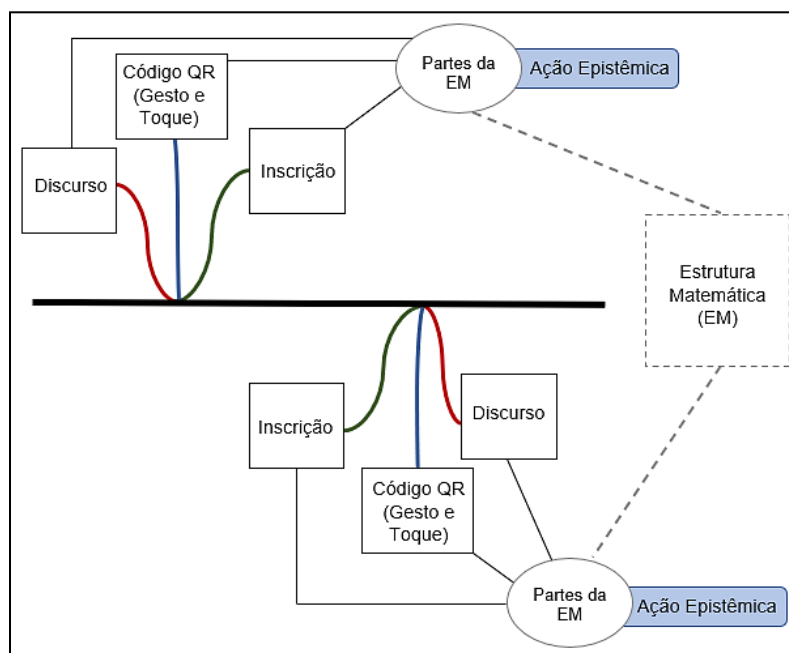
Coletar	Ação observada quando o estudante consegue identificar possibilidades e organizar entidades matemáticas que podem ser úteis para atender a uma necessidade.
Conectar	Ação observada quando o estudante consegue identificar relações entre entidades matemáticas e estabelecer vínculos entre elas.
Reconhecer estruturas	Ação observada quando o estudante reconhece generalidades e padrões, construindo novas entidades matemáticas ou mesmo reconstruindo-as em novos contextos.

Fonte: Krause (2016), adaptado pelos autores (2024).

O processo de identificação, análise e interpretação dos dados intenciona desvelar as contribuições que os gestos encontrados tiveram na interação social, bem como para o processo epistêmico (Krause, 2016). Essa microanálise, complexa por natureza, requer uma organização e dinâmica de interpretação que elucide os gestos e toques em tela realizados na interação, as inscrições (registros) que os estudantes fazem enquanto realizam as tarefas matemática e os discursos (falas) proferidos na comunicação, quando houver, que se conectam e influenciam a compreensão dos conceitos, tarefas e modos de pensar matematicamente.

Assim, pensando em uma dinâmica que possa decodificar, descrever, visualizar, sincronizar e representar essas diferentes modalidades, Krause (2016) propõe uma abordagem analítica para os quadros em que os gestos ou toques em tela ocorrem na interação, considerando as conexões entre gesto, inscrição (registro) e discurso (fala), o que permite uma reconstrução mais detalhada da comunicação e análise de processo epistêmico. A partir da releitura e adaptação da “Representação Esquemática Multimodal de Análise de Dados (REMAD)” de Krause (2016), propomos, na Figura 2, nosso modelo de análise reconstrutiva da interação social.

Figura 2 – Representação Esquemática Multimodal de Análise de Dados (REMAD).



Fonte: Krause (2016), adaptado pelos autores (2024).

De acordo com Krause (2016, p. 78, tradução nossa), esse modelo de análise é “[...] como um modelo mental que pode ser explicado para obter uma compreensão aprofundada da interação social que constitui o processo epistêmico [...]”. Ela evidencia que o discurso (ações) não é mais formado apenas por expressões verbais, mas por outras modalidades (em azul: gestos; em verde: inscrição; em vermelho: discurso) que agregam formas de pensar. Nesse modelo, cada ação (discurso) é seguida de uma reação (discurso), que pode ou não acontecer na interação social, conectando-as com as demais modalidades. Nesse processo, Krause (2016) afirma que o objeto imediato (retângulo pontilhado cinza) não é formado apenas pelo enunciado verbal, mas se relaciona com os gestos e toques em tela e registros, formando-se, também, a partir de outros objetos imediatos (elipse cinza). Em nossa pesquisa, o objeto imediato é considerado a Estrutura Matemática (EM), que se forma a partir de partes de outras estruturas matemáticas. De acordo com a autora, essa abordagem permite compreender como os gestos e toques em tela participam da formação dessas estruturas, sendo formadas e constituídas por diferentes modalidades.

Para melhor compreensão dos gestos realizados, respeitando o critério do dinamismo e sincronia com a fala, propomos na representação esquemática adaptada de Krause (2016) a inserção de Códigos QR, que hospedam os vídeos e áudios (estes últimos, quando houver) relativos ao trecho

gestual e de toque em tela analisados, efetivando uma dinâmica mais representativa e movimentada dessa modalidade.

Portanto, nossa análise de casos relevantes é movida por gestos ou toques em tela, cuja interpretação está voltada para a identificação das ações epistêmicas dos modos de pensar em situações matemáticas, revelando, também, sua participação na formação de estruturas matemáticas.

5. ANÁLISE DOS DADOS: GESTOS E TOQUES EM TELA EM MOVIMENTO

As análises veiculadas são quadros potencialmente reveladores da participação de movimentos epistêmicos no processo de aprendizagem de multiplicação, sendo extraídos de um total de 7h42min17 s de gravação, incluindo 53min23s (gravação frontal), 3h22min46s (gravação superior) e 3h26min8s (gravação da tela), sendo a gravação frontal a referência temporal de duração da aplicação da história em sala de aula. Uma vez que a “Representação Esquemática Multimodal de Análise de Dados” (REMAD) é a reconstrução da interação social de um determinado quadro, a sua leitura deve ocorrer da esquerda para a direita. Durante a apresentação das análises, a simbologia “P” indica o discurso do pesquisador na interação social e “(P)” a sua participação direta, realizando movimentos gestuais e de toques em tela na interação.

A análise das gravações nos possibilitou identificar quatro trechos (TH1 – A, TH1 – B, TH1 – C e TH1 – D) relevantes em torno da participação dos movimentos gestuais e de toques em tela na aprendizagem matemática, conforme Quadro 3.

A análise multimodal de TH1 – A diz respeito ao diálogo entre os estudantes e o pesquisador sobre a multiplicação que ocorreu dentro do caixote da caverna, quando nele seis cubinhos foram transformados em uma barra e dois cubinhos. Abaixo, encontramos a “REMAD: TH1-A” (Figura 3) que apresenta a reconstrução de interação social, os movimentos das mãos e as ações epistêmicas que caminharam para consolidação da Estrutura Matemática “Adicionar quantidades iguais para multiplicar por dois (dobrar)”.

Quadro 3 – Trechos extraídos dos registros audiovisuais da aplicação da História 1.

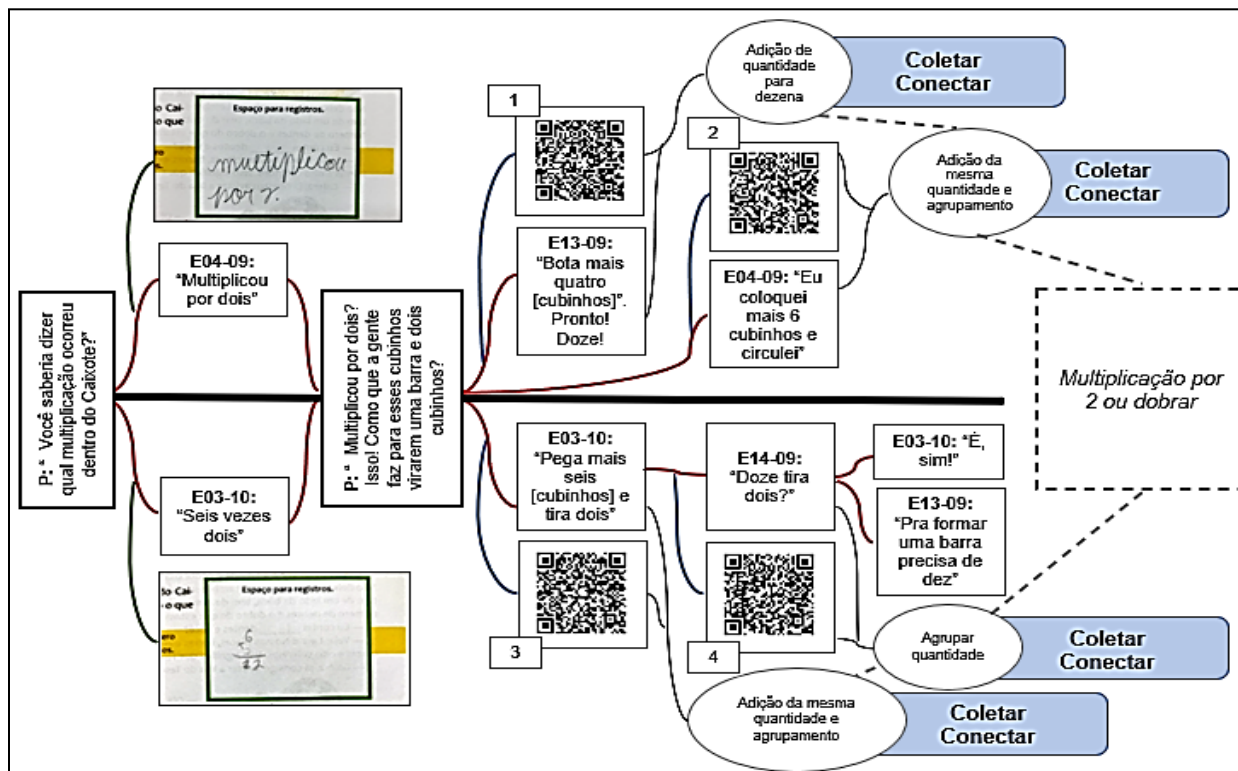
Trecho	Tempo			Gravação	Participante	Movimento
	Inicial	Final	Total			
TH1-A ⁶	5min05s	5min49s	44s	Superior	(E14-09)	Toque
	5min11s	5min21s	32s	Superior	(E03-10)	Gesto e Toque
	4min29s	4min55s	26s	Superior	(E13-09)	Toque
	4min43s	4min49s	6s	Frontal	(E04-09)	Gesto
TH1-B	11min59s	12min01s	3s	Superior	E14-09 E13-09	Gesto
	12min06s	12min22s	16s	Superior	E14-09	Toque e Gesto
TH1-C	19min06s	19min08s	2s	Frontal	E04-09	Gesto
	19min12s	19min15s	3s	Frontal	E13-09	Gesto
	20min58s	21min45s	47s	Superior	E13-09 (P)	Toque
	20min06s	21min06s	1min	Superior	E04-09	Toque
TH1-D	40min45s	41min 25s	40s	Superior	E13-09	Gesto

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O diálogo da “REMAD: TH1-A” tem início com o discurso do pesquisador, questionando a respeito da multiplicação que ocorreu no caixote da caverna, quando nele foram inseridos seis cubinhos. Sem realizar nenhum movimento com as mãos, apenas pelo discurso e pela inscrição, dois dos estudantes responderam corretamente, sinalizando que as quantidades foram multiplicadas por dois. Em seguida, o segundo questionamento do pesquisador convidou os participantes a utilizarem o Multibase 5.0F para investigar como a quantidade de seis cubinhos se transformaria em uma barra e dois cubinhos.

⁶ A simbologia “TH” significa “Trecho da História”, a numeração indo-arábica representa o número (1 a 12) da história em análise e a letra do alfabeto, os trechos em ordem crescente.

Figura 3 – REMAD: TH1 – A.



Fonte: Acervo dos autores (2024).

Nessa linha de ação, o estudante E03-10 afirmou que seria necessário carregar mais seis cubinhos e, em seguida, tirar dois. Na ocasião, a expressão "tirar" não significou "excluir os cubinhos", mas separá-los dos demais dez cubinhos que formariam uma dezena. Essa forma de pensar e agir pode ser visualizada no Código QR 3, quando E03-10 utilizou "o dedo indicador da mão direita" para arrastar e *coletar* os cubinhos necessários para encontrar a solução parcial, totalizando 12 cubinhos. Segundo Bikner-Ahsbahs (2006), essa ação epistêmica consiste em reunir as partes do conhecimento sobre os quais a sua construção pode ocorrer. Nesse caso, o movimento utilizado serviu para carregar os novos cubinhos que foram utilizados para agrupar uma dezena, um novo conhecimento produzido quando E03-10 utilizou "o dedo indicador da mão direita" para circular dez cubinhos. Esse movimento está de acordo com a ação epistêmica de *conectar*, uma vez que E03-10 agrupou dez cubinhos para formar uma dezena, conectando as entidades matemáticas "unidade" e "dezena", interligando as ações coletadas para resolver uma situação (Bikner-Ahsbahs, 2006).

Os dados do estudante E03-10 ainda mostram que ele movimentou "o dedo indicador e médio, alternadamente, de um lado para o outro" para contar, organizando o seu pensamento em

múltiplos de dois, conferindo a quantidade de cubinhos dispostos na tela. Esse movimento gestual evidenciou à ação epistêmica de *coletar*, pois o ato de verificar a quantidade de cubinhos forneceu os fatos (inserir 12 cubinhos na tela) para atender à necessidade de dobrar a quantidade, reforçando que os gestos organizam e exprimem um conjunto integrado de pensamentos (Tversky, 2019). Essas interpretações evidenciam que o corpo está envolvido no pensamento (Alibali e Nathan, 2012), relevando uma forma de raciocinar que não poderia, naquele instante, ser notada sem a utilização daquele movimento.

Adentrando às análises da participação de E13-09, encontramos sua afirmação de que seriam necessários mais quatro cubinhos para solucionar o problema do caixote. De fato, os movimentos vislumbrados no Código QR 1 revelam que ele utilizou “o dedo indicador da mão direita” para arrastar e *coletar* a quantidade de quatro cubinhos, mas, por algum motivo, carregou seis deles. O discurso do pesquisador “Como que a gente faz para esses cubinhos virarem uma barra e dois cubinhos?” pode ter influenciado no discurso incorreto do estudante, vez que, atentando-se apenas à quantidade de barras enunciada, bastariam apenas mais quatro cubinhos para formá-la. Embora diferente do discurso, o registro visual revela a solução correta para o problema quando E13-09 movimentou “o dedo indicador da mão direita” para circular as peças, em um ato de *conectar*, para agrupar as unidades em uma dezena, revelando sua compreensão matemática em torno de bases numéricas e mostrando que o dispositivo tátil oferece oportunidades de expressividade matemática, produzindo e transformando objetos com os dedos (Sinclair; Heyd-Metzuyan, 2014). Esses movimentos, que são epistêmicos, ilustraram os objetos matemáticos e suas propriedades, assumindo importante papel na produção de conhecimento (Freitas; Bairral, 2023).

Na mesma direção dos demais participantes, E14-09 utilizou “o dedo indicador da mão direita” para arrastar e coletar os seis cubinhos que necessitava para solucionar a situação, conforme recurso visual no Código QR 4. Essa ação epistêmica, que tem relação com a reunião de entidade matemáticas, é uma das primeiras ações na resolução de uma situação (Bikner-Ahsbahs, 2006), pois é a base para que um conhecimento seja desenvolvido. Nesse sentido, E14-09 suspendeu suas ações por alguns instantes e perguntou para o estudante E13-10: “Doze tira dois?”, que foi prontamente respondido por ele com um resposta positiva, complementada pela fala de E013-09: “Pra formar uma barra precisa de dez”. De posse dessas informações, E14-09 encostou na tela “o dedo indicador da mão direita” para circular e *conectar* dez cubinhos, formando uma barra. Esses movimentos de

toque constituem “[...] uma forma de transparecer e materializar o pensamento no ato comunicativo [...]” (Bairral, 2017, p. 101), mostrando que o corpo está envolvido no pensamento.

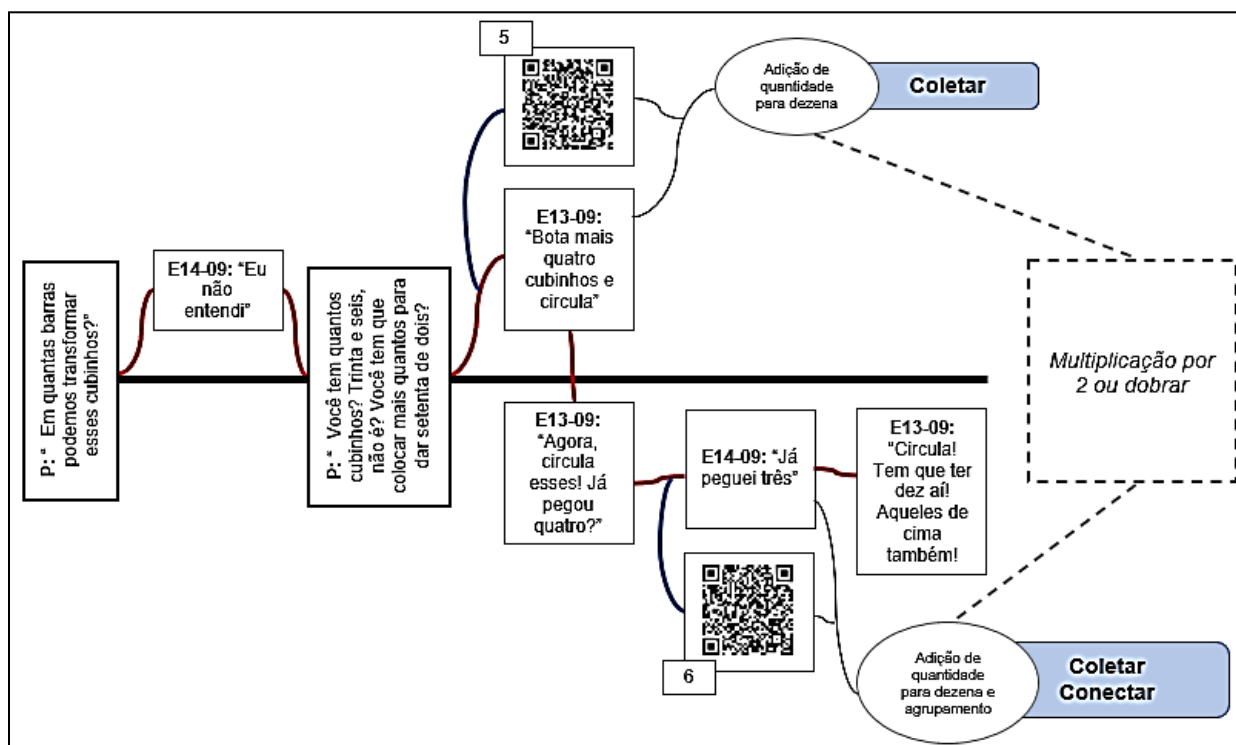
Caminhando em nossas análises, as ações de E04-09 mostram o estudante utilizando “o dedo indicador da mão direita” para arrastar (ação de coletar) mais seis cubinhos na tela do tablet e o “dedo indicador da mão direita” para circular (ação de conectar) para agrupar as peças necessárias para formar uma dezena, como mostra o vídeo no Código QR 2. Essas expressões multimodais mostram que os movimentos epistêmicos ajudam a pensar e a observar os pensamentos dos estudantes, constituindo uma forma de transparecer e materializar as interações dos sujeitos (Freitas e Bairral, 2023), denunciando que o pensamento não ocorre apenas na cabeça, mas na linguagem e através dela, do corpo e dos instrumentos (Radford, 2009).

A “REMADE: TH1 – B” (Figura 4), a seguir, apresenta o trecho em que ocorreram movimentos gestuais e de toques com potencial de produção de conhecimento, a partir do momento em que o estudante E14-09 disse não ter entendido o questionamento do pesquisador: “Em quantas barras podemos transformar esses cubinhos?”, não conseguindo proceder às ações no tablet. Nesse momento, E13-09 se aproximou de E14-09 e o ajudou a realizar as transformações no tablet, como denunciam os vídeos nos Códigos QR 5 e 6.

A “REMADE: TH1 – B” apresenta uma interação social em que dois estudantes uniram forças para resolver a situação proposta pela história, que foi transformar 36 cubinhos em 72 cubinhos, de modo que esses últimos deveriam ser expressos em barras. A partir da dificuldade de E14-09, o estudante E13-09, espontaneamente, se aproximou para ajudar nas investigações.

Considerando o questionamento do pesquisador: “Você tem que colocar mais quantos para dar setenta e dois?”, E13-09 afirmou que deveriam ser colocados mais quatro cubinhos. A leitura do Código QR 5 mostra E13-09 apresentando “quatro dedos da mão direita” para simbolizar essa quantidade, na tentativa de ilustrar para E14-09 a quantidade de cubinhos que ele deveria carregar para a tela, demonstrando que os movimentos das mãos efetuados com intenção de comunicação são muitas vezes considerados como prova de que o corpo está envolvido no pensamento (Tran; Smith; Buschkuehl, 2017). Podemos considerar esse movimento como epistêmico, pois aparece acompanhado de uma expressão verbal, ilustra o objeto matemático (quantidade), comunicando uma informação (Dreyfus *et al.*, 2014), além de representar a ação de *coletar*, que ilustra a “unidade” como entidade matemática a ser utilizada em direção a uma determinada abordagem.

Figura 4 – REMAD: TH1 – B.



Fonte: Acervo dos autores (2024).

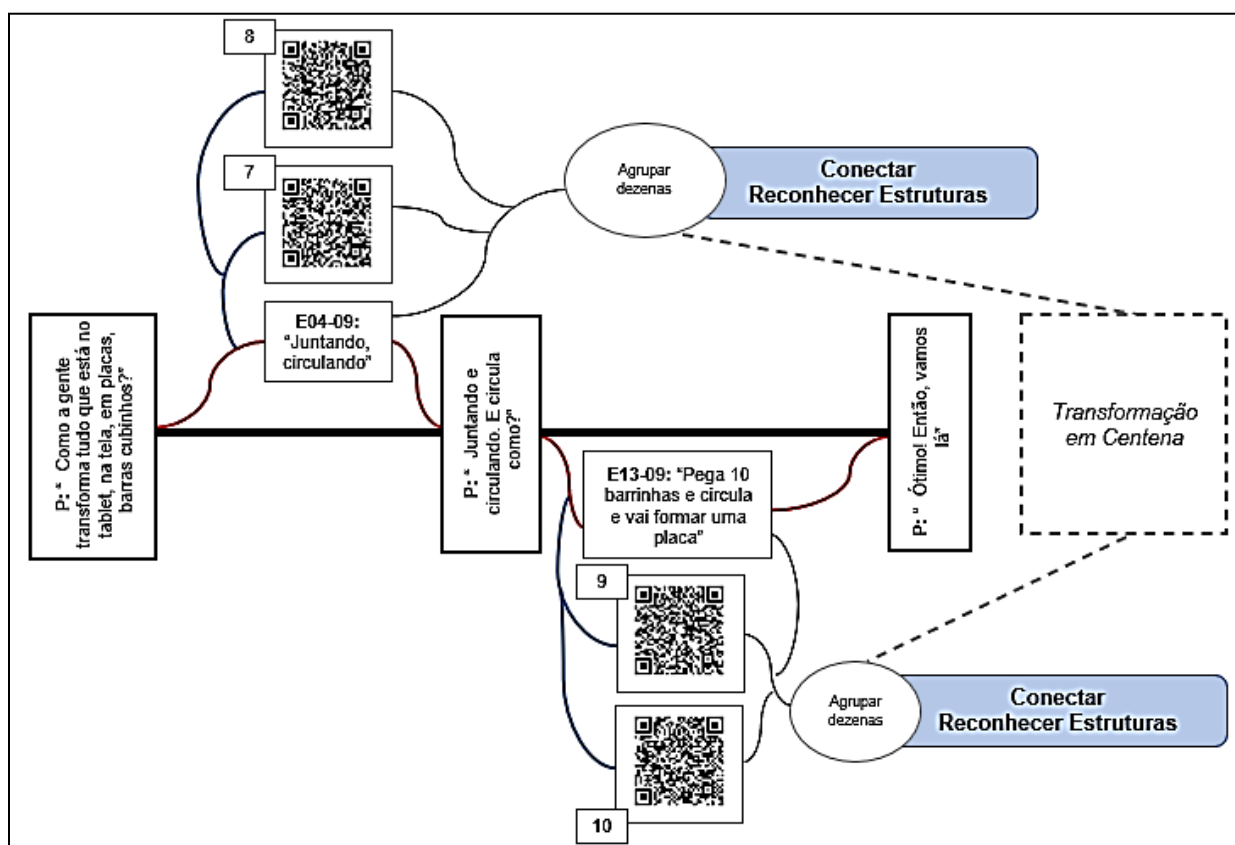
Quando E14-09 realizava o movimento com “o dedo indicador da mão esquerda para arrastar” e *coletar* os cubinhos, ação observada no Código QR 6, E13-09 questionou sobre a quantidade existente na tela e pediu para E14-09 formar uma barra. Após terminar de coletar o último cubinho que faltava, E14-09 procedeu o movimento com “o dedo indicador da mão esquerda para circular” e agrupar 10 cubinhos em uma barra, mas necessitou conferir se realmente havia 10 cubinhos para realizar o agrupamento, como mostra o vídeo do Código QR 6. Nesse instante, E14-09 utilizou o “dedo indicador da mão direita para apontar e contar” as quantidades⁷, mostrando existir uma forte conexão entre os atos de pensamentos e movimentos corporais, constatando a relação existente entre corpo e matemática e que “[...] nossos mais refinados pensamentos e as nossas melhores ações utilizam o corpo como instrumento de aferição (Damásio, 2012, p. 20). Após finalizar a contagem dos cubinhos, E14-09 realizou o movimento com “o dedo indicador da mão esquerda para circular”, para *conectar* as unidades de cubinhos necessárias para agrupar em uma

⁷ É importante ressaltar que esse movimento de apontar e contar, utilizando um dedo da mão, tem forte relação com a correspondência entre os elementos de dois conjuntos, de modo que cada elemento de um conjunto corresponda a um e apenas um elemento do outro conjunto.

barra, mostrando sua capacidade em reconhecer as relações existentes entre as entidades matemáticas “unidade” e “dezena” e estabelecer vínculo entre elas. De acordo com Bikner-Ahsbabs (2006), a ação de conectar é fundamental no processo de produção de conhecimento, pois exige um olhar criterioso sobre as informações coletadas e sobre como as associações realizadas podem contribuir na resolução de uma situação.

Superada essa etapa da história, os participantes enfrentaram uma nova situação matemática em torno dos agrupamentos. Nesse ponto, a “REMAD: TH1 – C” (Figura 5), a seguir, evidencia que os estudantes E04-09 e E13-09 reconheceram padrões em torno dos agrupamentos, utilizando gestos em contextos diferentes.

Figura 5 – REMAD: TH1 – C.



Fonte: Acervo dos autores (2024).

A “REMAD: TH1 – C” tem início com o discurso do pesquisador: “Como a gente transforma tudo que está no tablet, na tela, em placas, barras e cubinhos?”, questionando os estudantes sobre as possíveis transformações que deveriam ser realizadas nos 288 cubinhos. A leitura do Código QR 7 mostra E04-09 afirmando que bastava juntar e circular as peças, pensamento externado por meio

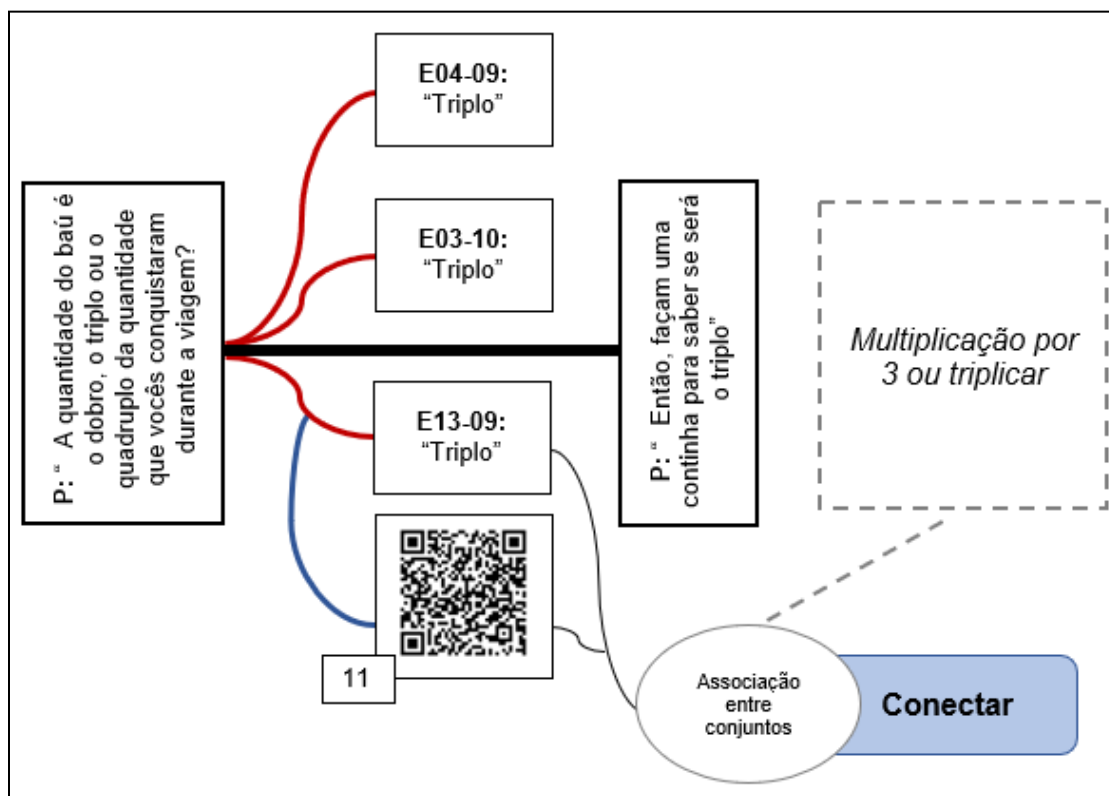
do discurso e do movimento gestual que realizou com as mãos, utilizando “o dedo indicador da mão direita, circulando no ar”. De igual modo, mas a partir de um novo questionamento do pesquisador, e com uma explicação mais precisa, E13-09 denotou que seria necessário pegar 10 barras e circulá-las para formar uma placa, utilizando-se do mesmo movimento representado por E04-09, como mostra o Código QR 9. Podemos inferir que os gestos realizados pelos estudantes estão envolvidos na criação e formação de novas ideias, introduzindo novas formas de pensar através do movimento (Tran, Smith e Buschkuehl, 2017), sinalizando compreensões matemáticas consistentes no campo das operações básicas.

Em ambos os casos, “o dedo indicador da mão direita, circulando no ar” não apenas retrata a possibilidade de conectar as entidades “dezena” e “centena”, mas se constituiu de um movimento padrão, uma regularidade, ou seja, do mesmo modo que esse movimento agrupa 10 cubinhos em uma barra, ele também agruparia 10 barras em uma centena. Nesse sentido, entendemos que um novo contexto matemático surge como forma de expansão da generalização identificada anteriormente, atitudes típicas da ação epistêmica de reconhecer estruturas. De acordo com Dreyfus *et al.* (2014), gestos repetidos, em particular gestos repetidos em contextos diferentes, têm papel importante na construção e revelação de generalizações.

O reconhecimento de estruturas não significa apenas a realização de uma estrutura, mas também a concretização, o raciocínio e o teste dela (Dreyfus *et al.*, 2014). Nessa perspectiva, os registros visuais apresentados nos Códigos QR 8 e 10 mostram que o padrão reconhecido por eles funcionou. Por questões técnicas, E13-09 necessitou da ajuda do pesquisador no momento de realizar os agrupamentos, afirmando que o Multibase 5.0F não estava agrupando as 10 barras. É possível visualizar a mão do pesquisador no vídeo, realizando com êxito um agrupamento, e a mão de E13-09 realizando o agrupamento das outras 10 barras. Os dados revelam que o avanço e a compreensão do papel do corpo na cognição pode ser um caminho frutífero em torno da análise da aprendizagem matemática e da valorização das experiências físicas com o mundo.

Chegando ao último trecho de análise, podemos visualizar uma reprodução audiovisual de um procedimento gestual utilizado no processo de uma multiplicação por 3, realizada por E13-09, conforme dados revelados na “REMAD: TH1 – D” (Figura 6) a seguir.

Figura 6 – REMAD: TH1 – D.



Fonte: Acervo dos autores (2024).

Iniciamos nossa análise a partir do questionamento do pesquisador: “A quantidade do baú é o dobro, o triplo ou o quádruplo da quantidade que vocês conquistaram durante a viagem?”. Os estudantes E04-09, E03-10 e E13-09 afirmaram que 3.456 cubinhos correspondiam ao triplo de 1.728 cubinhos que estavam registrados no Multibase 5.0F. Em seguida, o pesquisador solicitou que realizassem uma multiplicação para verificar se suas respostas estavam corretas.

Ocorreu que, durante o processo multiplicativo, todos eles descobriram que a resposta correta não era o triplo, mas o dobro. Entretanto, queremos apresentar uma análise interpretativa em torno dos gestos realizados por E13-09 enquanto buscava respostas para a multiplicação: 3×8 . A leitura do Código QR 11 revela E13-09 utilizando “três dedos da mão direita”, primeiramente abaixados, para proceder a multiplicação. Ao levantar um dedo, E13-09 contabilizou 8 unidades; dois dedos, 16 unidades; 3 dedos, 24 unidades, mostrando que esse recurso gestual contribuiu para que ele pensasse em grupos de oito unidades ou para simplesmente se recordar da tabuada do três. Além disso, nossa interpretação evidencia a capacidade de E13-09 em estabelecer um vínculo entre “um dedo” e “oito unidades”, sendo possível chegar à resposta após levantar os três dedos. Isso

mostra que “os gestos dos alunos acrescentam novas referências e podem proporcionar uma melhor compreensão dos processos epistêmicos” (Krause, 2016, p. 73, tradução nossa), transparecendo formas de pensar matematicamente.

A movimentação gestual realizada pode ser considerada epistêmica, pois caminha na direção dos movimentos de coletar e conectar, uma vez que escolher apenas “três dedos das mãos” pode ser traduzido como “selecionar três unidades” (entidades matemáticas) representativas, mas sem dimensão, para satisfazer a necessidade de organizar o pensamento na contagem de oito em oito. Em seguida, ao associar essas unidades, cada uma a oito unidades, E13-09 interligou quantidade para, finalmente, determinar o resultado de 3×8 , ações que revelam ser o gesto parte integrante e representativa do pensamento, ajudando as pessoas a compreenderem, aprenderem, pensarem e resolverem problemas (Tversky, 2019).

O processo de multiplicação realizado pelo E13-09 mostra que ele utilizou a eficiência da contagem com os dedos na construção de diferentes representações, aprendendo por uma abordagem visual, com acesso a compreensões mais elaboradas, novas e profundas (Boaler *et al.*, 2016). Assim, a experiência gestual, vislumbrada nesse trecho, testemunha que estamos “[...]” diante de uma forma de interação capaz de transparecer e materializar o pensamento no ato comunicativo (Bairral, 2021), evidenciando que 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).

Sendo assim, as análises interpretativas da História 1 revelaram que o corpo figurou nas reflexões em torno da matemática, destacando que movimentos gestuais ou de toques em telas assumiram funções epistêmicas diferentes, em contexto diversos, sendo esses movimentos o caminho para desvelar estratégias não explicitadas pelo discurso ou para fortalecer o processo de pensamento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossas análises mostraram que a história “O Mistério dos Cubinhos Dobrados” contribuiu para que os estudantes se envolvessem em uma aprendizagem matemática mais ampla, em termos conceituais de multiplicação, fomentadas em um contexto motivacional que incentivou a investigação, a capacidade de pensar e expressar ideias, trazendo experiências singulares no processo de ensino e aprendizagem. Além disso, ao promover a utilização de tecnologias móveis do tipo tablet na realização das atividades, a proposta educativa revelou ser potencialmente inovadora no aprimoramento da comunicação de ideias em sala de aula, permitindo que novas expressividades pudessem fazer parte do processo de produção de conhecimento.

A partir das interpretações realizadas, podemos afirmar que o corpo figurou nas reflexões em torno da matemática, mostrando que os estudantes mobilizavam movimentos gestuais e de toques em tela que foram fundamentais para realizar suas ações, ora revelando processos epistêmicos relacionados à aprendizagem matemática, ora fazendo uso desses movimentos como ferramenta de comunicação na interação social. Nesse sentido, notamos que os movimentos gestuais e de toques em telas assumiam funções epistêmicas diferentes, em contexto diversos, sendo esses movimentos o caminho para desvelar estratégias não explicitadas na fala ou para fortalecer o processo de pensamento.

Também constatamos que os gestos foram fundamentais para que os estudantes pudessem pensar matemática sobre as situações de multiplicação, tornando o processo de aprendizagem mais visual e dinâmico, possibilitando que estruturas matemáticas pudessem ser aprofundadas. Mais do que isso, a utilização de gestos e toques em tela na resolução das situações matemáticas mostrou que o corpo foi utilizado como mecanismo de aferição, uma vez que foi fundamental para reconhecer as relações existentes entre as entidades matemáticas e estabelecer vínculo entre elas.

No campo das ações epistêmicas, é possível sinalizar que os gestos e toques em tela realizados pelos estudantes podem ser considerados movimentos epistêmicos, uma vez que denunciavam ações de *coletar*, *conectar* e *reconhecer estruturas*. Isso mostra que as ações mentais podem ser observadas por meio dos gestos e dos toques em tela, e que esses movimentos constituem uma forma de transparecer e materializar o pensamento na interação social.

Sendo assim, a compreensão do papel do corpo na cognição pode ser um caminho frutífero

em torno da análise da aprendizagem matemática e da valorização das experiências físicas com o mundo. As potencialidades dos movimentos do corpo, como denunciadores dos processos de abstração, que estão ancorados às experiências sociais, necessitam, cada vez mais, encontrar lugar nas pesquisas em Educação Matemática para trilharmos novos caminhos de investigação sobre como as pessoas produzem matemática por meio de ações cognitivas mais elaboradas, em termos de movimentos corpóreos.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

ALTOÉ, Renan Oliveira. **Resolução de problemas de estruturas multiplicativas com dispositivos móveis no Ensino Fundamental**: análise de movimentos epistêmicos na perspectiva da cognição corporificada. 2024. Tese (Doutorado Profissional em Educação em Ciências e Matemática) – Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2024.

ALTOÉ, Renan Oliveira; FREITAS, Rony Cláudio de Oliveira Freitas. **Histórias para multiplicar e dividir**: ensinando e aprendendo com tablet – Livro do Professor. 1. ed. Vitória: Edifes Acadêmico, 2024.

ALIBALI, Marta W.; NATHAN, Mitchell J. Embodiment in mathematics teaching and learning: evidence from learners' and teachers' gestures. **Journal of the Learning Sciences**, v. 21, n. 2, p. 247-286, 2012.

ARZARELLO, Ferdinando *et al.* Gestures as semiotic resources in the mathematics classroom. **Educational Studies in Mathematics**, v. 70, p. 97–109, 2009.

BAIRRAL, Marcelo Almeida. As manipulações em tela compoem a dimensão corporificada da cognição matemática. **Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática (JIEEM)**, v. 10, n. 2, São Paulo, 2017, p. 99-106.

BAIRRAL, Marcelo. Educação e matemática em dispositivos móveis: construindo uma agenda de pesquisas educacionais focadas no aprendizado em tablets. In: COLÓQUIO DE PESQUISAS EM EDUCAÇÃO E MÍDIA, IV, 2014. **Anais...** Rio de Janeiro: CCH_UNIRIO, 2014.

BAIRRAL, Marcelo. **Tecnologias móveis, neurocognição e aprendizagem matemática**. 1. ed. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2021.

BERTELETTI, Ilaria; BOOTH, James R. Perceiving fingers in single-digit arithmetic problems. **Frontiers in Psychology**, Lausanne, SWI, v. 6, n. 226, 2015.

BIKNER-AHSBAHS, Angelika. Semiotic sequence analysis - constructing epistemic types empirically. In: NOVOTNÁ *et al.* (Eds.). **Proceedings of the 30th conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education**, v. 2, p. 161-168, Prague: PME, 2006.

BOALER, Jo *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, 2016.

DAMÁSIO, Antônio. **Em busca de Espinosa: prazer e dor na ciência dos sentimentos**. São Paulo: Cia. das Letras, 2004.

DAMÁSIO, Antônio. **O erro de descartes: emoção, razão e o cérebro humano**. Tradução de D. Vicente & G. Segurado. 3. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.

DREYFUS, Tommy *et al.* The epistemic role of gestures: a case study on networking of APC and AiC. In: BIKNER-AHSBAHS, A.; PREDIGER, S. (Eds.). **Networking of Theories as a Research Practice in Mathematics Education**, New York: Springer, 2014, p. 127-152.

FREITAS, Rony Cláudio de Oliveira. Imagens, movimentos e dedos das mãos: experiências aritméticas com o aplicativo Multibase em tablets. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, XIII, Cuiabá, MT. **Anais...**Cuiabá, MT, 2019.

FREITAS, Rony Cláudio de Oliveira. **Um ambiente para operações virtuais com o material dourado**. 2004. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

FREITAS, Rony Cláudio de Oliveira; BAIRRAL, Marcelo Almeida. O pensamento matemático mediante gestos e toques em tela no aplicativo Multibase em *tablets*. **Bolema**, São Paulo, v. 37, n. 75, 2023, p. 49-69.

GEROFSKY, Susan. 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**, v. 3, p. 145-152, Vancouver, Canada: PME, 2014.

HERSHKOWITZ, Rina; SCHARWARZ, Baruch B.; DREYFUS, Tommy. Abstraction in Context: Epistemic Actions. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 32, n. 2, 2001, p. 195-222.

JUNGWIRTH, Helga. Interpretative Forschung in der Mathematikdidaktik-ein Überblick für Irrgäste, Teilzieher und Standvögel. **Zentralblatt für Didaktik der Mathematik**, v. 35, n. 5, 2003, p. 189-200.

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

NEMIROVSKY, Ricardo. Three conjectures concerning the relationship between body activity and understanding mathematics. In: DOUGHERTY, Barbara J.; ZILLIOX, Joseph T. (Eds.). **Proceedings of the 27th Conference of the International Group for the Psychology Of Mathematics Education**, v. 1, p. 105–109, Hawaii: University of Hawaii, 2003.

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

RADFORD, Luis. Why do gestures matter? Sensuous cognition and the palpability of mathematical meanings. **Educational Studies in Mathematics**, v. 70, p. 111–126, 2009.

ROBUTTI, Ornella.; EDWARDS, Laurie D.; FERRARA, Francesca. Enrica's explanation: multimodality and gesture. In: TSO, Tai-Yih (Ed.). **Proceedings of the 36st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education**, Taipei, TW, 2012, p. 27-33.

SINCLAIR, Nathalie; HEY-METZUYANIM, Einat. Learning Number with TouchCounts: The Role of Emotions and the Body in Mathematical Communication. **Technology, Knowledge, and Learning**, v. 19, n. 1-2, 2014, p. 81–99.

TRAN, Cathy; SMITH, Brandon; BUSCHKUEHL, Martin. Support of mathematical thinking through embodied cognition: nondigital and digital approaches. **Cognitive Research: principles and implications**, n. 2, p. 1-18, 2017.

TVERSKY, Barbara. **Mind in motion**: how action shapes thought. New York: Basic Books, 2019. *E-book*.

VERGNAUD, Gérard. **A criança, a matemática e a realidade**: problemas do ensino de matemática na escola elementar. Tradução de M. L. F. Moro. Curitiba: Ed. da UFPR, 2014.