




APRENDIZAGENS MATEMÁTICAS REVELADAS POR MEIO DE TOQUES EM TELA DE TABLETS AO MANIPULAR O APLICATIVO MULTIBASE

*MATHEMATICAL LEARNING REVEALED THROUGH TABLET SCREEN TOUCH WHEN
MANIPULATING THE MULTIBASE APPLICATION*

  <http://orcid.org/0000-0002-9044-3109> Rony Freitas ^A
 <http://orcid.org/0000-0002-5432-9261> Marcelo Almeida Bairral ^B

^A Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), Vitória, ES, Brasil

^B Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, Brasil

Recebido em: 30 jun 2022 | Aceito em: 27 jan 2023

Correspondência: Rony Freitas (freitasrco@gmail.com)

Resumo

Introduzir a noção de quantidade e as operações matemáticas nos anos iniciais da escolaridade tem sido um desafio para os docentes. Quando o tablet passa a integrar as atividades esse desafio aumenta. Este artigo objetiva ilustrar um mapeamento de toques em tela e indicar suas finalidades em uma atividade, envolvendo operações de adição e subtração, realizada com o auxílio do aplicativo Multibase. Os dados foram produzidos mediante registros filmados, gravações de tela do Multibase utilizando o aplicativo *Screen Recorder*, atividades e registros realizados pelos próprios estudantes. A análise buscou: 1) mapear e ilustrar toques em tela realizados no Multibase; e 2) identificar a finalidade desses toques. Os agrupamentos foram feitos mediante toques em movimentos de contorno dos objetos, a organização dos objetos mediante toques de arrastar e a contagem em toques de apontar. O estudo traz contribuição à inclusão e à inovação tecnológica por mostrar o Multibase em versão digital e evidenciar outras formas de comunicação e linguagem que podem ser inseridas em programas formativos diversos.

Palavras-chave: Numeramento; Multibase App; Toques em tela; Movimentos epistêmicos.

Abstract

Introducing the notion of quantity and mathematical operations in the early years of schooling has been a challenge for teachers. When the tablet becomes part of the activities, this challenge increases. This article aims to illustrate a mapping of screen touches and indicate their purposes in an activity, involving addition and subtraction operations, performed with the aid of the Multibase application. The data were produced through filmed records, screen recordings from Multibase using the Screen Recorder application, activities and records made by the students themselves. The analysis sought to: 1) map and illustrate screen touches performed in Multibase; and 2) identify the purpose of these touches. The groupings were done by touching objects contour movements, the organization of objects by dragging touches and the counting in pointing touches. The study contributes to inclusion and technological innovation by showing Multibase in a digital version and highlighting other forms of communication and language that can be inserted in different teaching programs.

Keywords: Numbering; Multibase App; Screen touches; Epistemic movements.



Introdução

A investigação aqui relatada está inserida no âmbito do projeto de pesquisa intitulado *Imagens, movimentos e dedos das mãos: investigando experiências aritméticas com o aplicativo Multibase em tablets* cadastrado no Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal do Espírito Santo sob o número 47236521.3.0000.5072. O episódio apresentado e analisado, inserido em uma pesquisa de pós-doutoramentoⁱ, foi realizado com uma estudante do 2º ano do Ensino Fundamental de uma escola localizada em um bairro periférico de um município da região metropolitana do estado do Espírito Santo. Por meio de registros de filmagens e de gravações em tela do tablet são descortinadas ações gestuais que ajudam a compreender estratégias e modos de pensar da estudante quando realiza atividades no aplicativo denominado Multibaseⁱⁱ. Nosso objetivo nesse artigo é ilustrar um mapeamento de toques em tela e indicar suas finalidades em uma atividade, envolvendo operações de adição e subtração, realizada com o auxílio desse aplicativo.

Desde o início dos anos 2000 nosso grupo de pesquisa tem se envolvido em dois movimentos complementares no que diz respeito à relação entre tecnologias informáticas e educação matemática, quais sejam, o desenvolvimento do software/aplicativo Multibase e investigações sobre sua utilização em processos de ensino e de aprendizagem (FRANZOSI, 2018; FREITAS, 2004, 2016a, 2016b). O Multibase, inicialmente desenvolvido para ser utilizado em computadores de mesa e posteriormente adaptado para uso em Dispositivos Móveis tipo Tablets - DMT, é baseado no Material Dourado. Ele permite, por meio da manipulação de suas peças virtuais, o desenvolvimento de atividades/ações que podem facilitar a aprendizagem de conceitos de números, bases numéricas e operações aritméticas, permitindo (des)agrupamentos de peças trabalhando nas bases 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14 e 16.

A transição do Multibase de computadores de mesa para DMT foi primordial, tanto para a disseminação de seu uso quanto para possibilitar interações entre usuários e dispositivos que levam a novas formas de fazer matemática, pois passam a lidar com algo que pode ser considerado como uma expansão de seus corpos, levando a constituírem atividades que não seriam feitas sem ele (BAIRRAL, 2021). Isso porque há uma relação direta entre usuários e os elementos digitais, permitindo toques e movimentações sem a intermediação de um mouse, por exemplo (BAIRRAL; ASSIS; SILVA, 2015). Essa possibilidade pode proporcionar novas formas de interagir com objetos virtuais e faz com que o uso de todos os dedos das mãos simule de forma mais real a manipulação de objetos concretos e, para além disso, permite que o corpo participe das elaborações de forma mais ativa possibilitando novas ações cognitivas.

Essa importante relação de simbiose entre corpo e dispositivo no processo de desenvolvimento do conhecimento matemático tem-nos levado a trilhar por teorias relacionadas à neurociência, mais especificamente o que se denomina Cognição Corporificada. Tal área de pesquisa tem como pressuposto o fato de que o cérebro e o restante do corpo constituem um organismo indissociável, e que esse conjunto é responsável pelas operações fisiológicas que denominamos como mente (DAMÁSIO, 1996).

São elementos relacionados a essa forma de conceber a mente que têm ajudado a compreender a contribuição do Multibase em processos de elaboração do pensamento matemático, com ênfase no pensamento aritmético. Inicialmente desenvolvido para estudos relacionados a sistema de numeração decimal e operações aritméticas básicas, ele tem se mostrado eficiente na elaboração de várias formas de pensar e fazer matemática, quando utilizado por crianças dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Nessa perspectiva da cognição corporificada, focamos nesse texto um olhar especial para os toques em tela do DMT, considerando eles “constituem um novo campo de manifestação da linguagem e da cognição” (BAIRRAL, 2021, p. 69). Para melhor compreensão da diversidade de possibilidades do uso do corpo na manipulação de DMT, apresentamos algumas classificações de toques em tela, mas intencionamos ir além disso, pois nossos olhares estão focados em momentos de produção matemática pelos estudantes, especialmente em processos de elaboração do pensamento aritmético, ao serem inseridos em contextos de resolução de problemas.

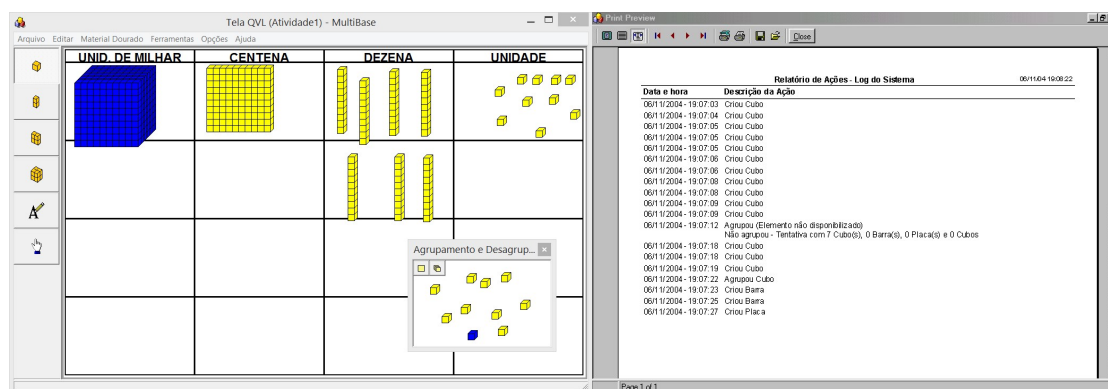
Em Freitas e Bairral (2023) focamos em movimentos epistêmicos, materializados em gestos e toques em tela realizados no Multibase. Nesse artigo ressaltaremos diferentes toques em tela realizados por uma estudante e como tais toques colaboram para a produção de conhecimentos matemáticos envolvendo conceitos não previamente sistematizados no contexto escolar, como é o caso das operações de adição e subtração envolvendo agrupamentos e desagrupamentos.

O aplicativo Multibase e a produção de dados

A intenção dessa seção é apresentar ao leitor um pouco do histórico de desenvolvimento e das funcionalidades do Multibase. O desenvolvimento do aplicativo teve início durante a pesquisa de mestrado de Freitas (2004), na qual se propôs o desenvolvimento de um software que pudesse contribuir para o processo educacional, com possibilidade de unir em uma ferramenta informatizada diversas formas de se trabalhar conceitos de números e operações

aritméticas utilizando materiais manipulativos, mais especificamente o Material Dourado Montessori. O Software foi, desde então, denominado Multibase (Figura 1), nome dado devido ao desejo de possibilitar o trabalho com bases numéricas diversas, embora a primeira versão contemplasse apenas a base decimal, exatamente como o Material Dourado concreto. A intenção nesse momento era contribuir com o professor no processo de acompanhamento das diversas atividades desenvolvidas pelos estudantes, favorecer a autonomia do estudante em sua aprendizagem, ampliar as possibilidades de uso do Material Dourado sem ter a pretensão de substituir o seu uso real, elevar a motivação por aprender matemática com o uso de um recurso computacional, entre outros.

Figura 1 - Telas do aplicativo Multibase para Windows e modelo de relatório de atividades



Fonte: FREITAS, 2004, p.143

Em 2013 foi desenvolvida a primeira versão do Multibase para Android, contando com fomento à pesquisa proveniente do Instituto Federal do Espírito Santo, tendo com isso ampliadas as possibilidades de seu uso. Para desenvolvimento do aplicativo têm sido levados em consideração alguns requisitos funcionais, entre eles: Simplicidade nos procedimentos de definição, arquivamento e acesso aos elementos de manipulação; possibilidade de transformação da barra em cubos pequenos, da placa em barras, do cubo grande em placas e vice-versa; opção de escolha de agrupamentos diversos, em função da base numérica com a qual se está trabalhando; registro da sequência utilizada pelo aluno para chegar à solução da situação proposta pelo professor (relatório individualizado para cada estudante); possibilidade de inserção de textos em um cenário construído; retorno de feedback a respeito de uma tarefa executada de forma equivocada sem que se indique a solução, mas aponte somente a necessidade de ajustes (FREITAS, 2016b).

Com a aprovação de projetos de pesquisa pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico

e Tecnológico (CNPq), no ano de 2016, pudemos avançar com as pesquisas, o que nos ajudou a implementar novas funcionalidades e melhorias na interface do aplicativo, além de implantar o sistema web relatório para acompanhamento das atividades realizadas pelos alunos (FRANZOSI, 2018). Tais melhorias só têm sido possíveis porque temos vinculado o desenvolvimento a pesquisas feitas com professores e estudantes, principalmente dos anos iniciais do ensino fundamental. A função cartas, por exemplo, foi introduzida por causa de necessidade percebida ao se desenvolver o Jogo do Nuncaⁱⁱⁱ com estudantes do segundo ano do Ensino Fundamental no decorrer a pesquisa de Franzosi (2018).

No ano de 2018, após novo fomento à pesquisa do Instituto Federal do Espírito Santo, foi desenvolvida a versão atual do aplicativo. Foram feitas melhorias gerais no ambiente de forma a tornar as interações mais amigáveis. Ressaltamos a importância das constantes mudanças e melhorias, principalmente percebidas quando inseridas em ambiente de pesquisa. A Figura 2 a seguir apresenta com mais detalhamento a tela de manipulação do aplicativo com suas funcionalidades.

Figura 2: Telas do Multibase com suas funcionalidades na versão atual



Fonte: Acervo dos pesquisadores

Aprender/contar/operar com DMT

Boaler e colaboradores (2016), partem de uma experiência escolar frustrante de uma criança de 5 anos de idade para discutir a importância da utilização dos dedos das mãos e da visualização para a aprendizagem matemática. Eles afirmam que, no contexto escolar, ainda se apresenta a matemática como algo exclusivamente numérico e abstrato, relegando o uso de imagens e diagramas ao papel de apenas meio para se chegar a tal abstração. Os autores recorrem a neurociência para afirmar que, para se resolverem problemas matemáticos, várias redes cerebrais são utilizadas, incluindo duas vias visuais: a ventral e a dorsal. Isso significa

Revista Interinstitucional Artes de Educar. Rio de Janeiro, v. 9, n.1 - p. 67-86, jan.-abr. de 2023: “Processos formativos na docência de professores (as) que ensinam Matemática na Educação Infantil e/ou anos iniciais do Ensino Fundamental” – DOI: <https://doi.org/1012957/riae.2023.68462>

que, nesse caso, há uso, mesmo que inconscientemente, de processamento visual. Uma parte da via visual dorsal, ativada em tarefas matemáticas por crianças e adultos, entra em ação quando esses analisam representações visuais ou espaciais que representam quantidade (BOALER et al., 2016). Enquanto uma parte da via visual ventral, desenvolvida durante o crescimento das crianças, é ativada quando essas analisam formas visuais numéricas, conectando formas numéricas simbólicas com o conhecimento visual de quantidade (Ibidem).

Ampliando a discussão, Boaler et al. (2016) apontam, a partir de Berteletti e Booth (2015), uma interessante ativação não somente de partes do cérebro vinculadas à visão, mas também de partes do corpo, mais especificamente os dedos das mãos. Segundo os autores, experiências mostram que a área somatossensorial dos dedos foi ativada quando crianças de 8 a 13 anos foram levadas a resolverem problemas complexos de subtração, mesmo aqueles que envolviam números maiores. Eles utilizam posicionamentos de neurocientistas para afirmar que os dedos devem ser compreendidos como uma conexão entre os números e sua representação simbólica. Esse tipo de constatação demonstra uma forte relação entre corpo e cérebro para o desenvolvimento de ideias matemáticas e como essa relação influencia a forma de pensar, mesmo em idades mais avançadas. Damásio (1996) traz uma contribuição importante para essa discussão, quando afirma que “os nossos mais refinados pensamentos e as nossas melhores ações, as nossas maiores alegrias e as nossas mais profundas mágoas usam o corpo como instrumento de aferição” (DAMÁSIO, 1996, p. 18). Tais concepções seriam para ele ancoradas em três afirmações apresentadas e defendidas por neurocientistas:

- O cérebro humano e o resto do corpo constituem um organismo indissociável, formando um conjunto integrado por meio de circuitos reguladores bioquímicos e neurológicos mutuamente interativos;
- O organismo interage com o ambiente como um conjunto: a interação não é nem exclusivamente do corpo nem do cérebro;
- As operações fisiológicas que denominamos por “mente” derivam desse conjunto estrutural e funcional e não apenas do cérebro.

As evidências que se tornam cada vez mais claras, mostrando a importância das vias e conexões visuais entre diferentes rotas no cérebro e a importância do corpo no processo de produção de conhecimentos, estão em consonância com uma área de pesquisa conhecida como “cognição corporificada”. Nessa área, é reconhecido que o corpo não é receptor passivo do que lhe é enviado pelo cérebro, não sendo esse a única fonte de abstrações.

Para Boaler e colaboradores (2016), muitas pessoas pensam em mente e corpo como entidades completamente separadas, com a mente sendo a fonte dos conhecimentos e

Revista Interinstitucional Artes de Educar. Rio de Janeiro, v. 9, n.1 - p. 67-86, jan.-abr. de 2023: “Processos formativos na docência de professores (as) que ensinam Matemática na Educação Infantil e/ou anos iniciais do Ensino Fundamental” – DOI: <https://doi.org/1012957/riae.2023.68462>

abstrações, e o corpo levando passivamente ideias da mente para o mundo físico, por exemplo, dizendo as ideias em voz alta ou anotando-as. Mas, pesquisadores da cognição corporificada ressaltam que muitos dos nossos conceitos matemáticos são processados em memórias visuais e sensoriais.

No Brasil, alguns pesquisadores (BAIRRAL, 2020, 2021, 2013, 2014, 2017; BAIRRAL; ASSIS; SILVA, 2015; FREITAS, 2019; MEIER, 2017) têm aproximado esses estudos sobre cognição corporificada do desenvolvimento de conhecimentos matemáticos ao realizar atividades com o auxílio de dispositivos digitais móveis, com ênfase ao uso de smartphones e tablets. Tais pesquisas têm ajudado a compreender como o uso das mãos, seja no processo de manipulação dos dispositivos ou fora dele, influenciam em processos de ensino e de aprendizagem. É essa aproximação que temos tentado fazer com o Multibase, uma relação entre o uso do corpo para compreender processos e elaborações de pensamentos matemáticos, mais especificamente com números e operações aritméticas em bases diversas.

Estamos interessados em estudar as contribuições de movimentos corporais, mais especificamente quando efetuados toques em tela ao se manipular o aplicativo, que os estudantes realizam ao desenvolverem atividades matemáticas propostas. Concordamos com Bairral, Assis e Silva (2015), quando reconhecem “a manipulação touchscreen com uma ação humana, corporificada, cultural e multimodal e que também podem revelar o pensamento dos aprendizes quando trabalham na tarefas matemáticas” (p. 23). Nessa pesquisa estamos caracterizando tais manipulações com um tipo de movimento que possui classificações singulares, diferentes de movimentos relacionados a gestos não verbais que acompanham ou não a fala no processo de comunicações e interações humanos. Para subsidiar nossos olhares de pesquisa, começando por caracterizar o que estamos definindo por esses movimentos corporais.

Para Núñez, Edwards e Matos (1999), a cognição corporificada não está simplesmente relacionada a experiências corporais conscientes dos indivíduos serem ou agirem no mundo, nem envolve necessariamente a percepção consciente de sua influência. Para eles também não estaria somente relacionada à manipulação física de objetos tangíveis ou à manipulação virtual de imagens gráficas e objetos por meio da tecnologia. Os pesquisadores partem desse princípio para afirmar que, embora haja uma relação entre tais experiências e o conceito técnico de corporificação, uma perspectiva corporificada não constitui necessariamente uma prescrição para o ensino de uma forma “concreta”. Da mesma forma, embora a cognição corporificada possa fornecer uma base teórica para a compreensão do ensino e da aprendizagem da matemática “contextualizada”, ela não está diretamente relacionada com a “contextualização” no ensino da matéria. Em vez disso, ela fornece uma compreensão profunda do que são as ideias

humanas e como elas são organizadas em sistemas conceituais vastos (principalmente inconscientes) baseados na realidade física e vivida.

Quando falamos de aprendizagem matemática é importante que tenhamos ciência da dificuldade de lidar com elementos abstratos, pois nossas experiências humanas iniciais, tanto no desenvolvimento quanto na evolução, são com objetos físicos ao invés de símbolos (EDWARDS; ROBUTTI, 2013). Para essas autoras, a interação de crianças com o mundo não se dá por meio de símbolos convencionais e formais, mas por meio de coisas, e o corpo não é simplesmente um meio, mas um recurso importante na construção e comunicação de significado. É, claramente, um elemento vital na recepção de significados gerados por outros por meio das modalidades sensoriais. Logo, o corpo seria um meio para a expressão de ideias, mas, para além disso, também uma modalidade primária de pensamento, sendo exatamente isso que estamos buscando perceber nessa pesquisa, especialmente quando o corpo interage com o DMT.

Toques em tela

Assim como Bairral, Assis e Silva (2015), compreendemos as especificidades e diferenciações que os movimentos para toque em tela de dispositivos touchscreen têm em relação a gestos feitos com efeitos de comunicação, assim como com o fato de que “os toques em tela em interfaces móveis não são cognitivamente iguais aos cliques do mouse” (BAIRRAL, 2020, p. 6, tradução nossa). Bairral (2020) considera esses dispositivos como extensões de nossos corpos, implicando em novas configurações cognitivas e espacialidades com os movimentos, o que levaria a novas configurações do cérebro, apresentando alguns princípios que substanciam essa ideia

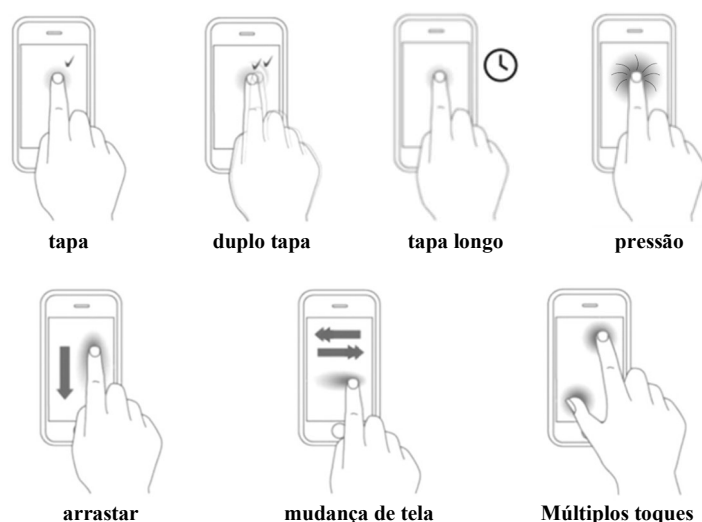
i) as manipulações na tela representam uma nova forma de manifestação da linguagem e passaram a integrar nossa cognição corporificada; ii) reconhecer que uma nova forma de comunicação e interação implica assumir o nosso corpo como motor e propulsor do nosso pensamento, em constante simbiose e reconfiguração com o meio; iii) uma vez que as ações humanas, assim como os conceitos matemáticos, são multimodais em seu desenvolvimento e compreensão, precisamos considerar a conjunção de gesto + fala + construção na tela + arrastar + tela sensível ao toque + registro pictórico + movimento-com-o-dispositivo etc. como uma forma de pensar; e 4) as formas mutáveis nas quais o corpo e dispositivos móveis com touchscreen interagem devem transformar os processos de ensino, aprendizagem e pesquisa. (BAIRRAL, 2020, p. 2, tradução nossa)

Embora as particularidades dos toques em tela sejam evidentes, assumimos que eles constituem uma forma de tornar o pensamento visível, sendo assim um ato comunicativo e que “a manipulação nas telas de tablets pode possibilitar a elaboração de gestos que, passando a

compor mais uma forma de comunicação nas aulas, favorecem a construção do conhecimento matemático” (BAIRRAL; ASSIS; SILVA, 2015, p. 28).

Nessa perspectiva, há inicialmente seis ações básicas que o usuário pode fazer com a maioria das telas sensíveis ao toque, todas elas com o dispositivo reconhecendo e traçando a localização da entrada (input) da ação do usuário: tocar (tap), tocar duas vezes (double tap), tocar longamente - manter pressionado (long tap), arrastar (drag), mover (flick) e multitoque (multi-touch) (PARK; LEE; KIM, 2011; BAIRRAL; ASSIS; SILVA, 2015). Uma sétima ação já pode ser feita em alguns equipamentos, a pressão, que expande o caráter bidimensional desse contato, configurando-se como uma espécie de movimento para dentro da tela (PARK; LEE; KIM, 2011).

Figura 3 - Sete tipos básicos de entrada por ação do dedo em uma interface de usuário com tela de toque



Fonte: Adaptado de (PARK; LEE; KIM, 2011, p.841; BAIRRAL; ASSIS; SILVA, 2015, p.32)

Para além dessa classificação, Lim; Lee; Lee (2009) propõem um conjunto de atributos que funcionariam como uma linguagem para descrever possíveis formas em que essas interatividades podem acontecer, denominando-os como atributos de interatividade. A intenção dos pesquisadores é ir além de caracterizações com base em padrões físicos e visualmente manifestos, na tentativa de explorar qualidades “invisíveis” de interação para melhor descrevê-la. Park, Lee, e Kim (2011) avançam nessa caracterização focando-se na qualidade afetiva do movimento no usuário na relação com interfaces para investigar experiências dos usuários. Os autores descrevem duas qualidades principais de movimentos: 1) formal, que inclui ritmo, tempo, sequência e direção; e 2) expressiva, incluindo cinesia (aptidão ou habilidade para executar movimentos de origem física) e empatia. Segundo eles, A qualidade formal determina

a forma que os movimentos tomam, enquanto a qualidade expressiva determina como cada movimento é expresso. Eles focam-se mais especificamente na qualidade expressiva, enfatizando que Cinesia está relacionada a como um movimento é expresso enquanto Empatia sobre o envolvimento emocional ou identificação física relacionada a um movimento. A relação entre esses dois forneceriam elementos para projetar a qualidade afetiva do movimento.

O que buscamos é analisar as ações da estudante investigada durante a realização das atividades. Mais especificamente, estamos interessados em perceber como os toques em tela contribuem nos processos de aprendizagem. Focamo-nos nos toques em tela relacionados a ações epistêmicas e por isso, nesse artigo, estamos denominando esses toques como movimentos epistêmicos. Partimos sempre de uma descrição das ações desenvolvidas pela estudante, procurando destacar propriedades intrínsecas dos toques em tela realizados (BAVELAS, 1994), para, em seguida, nos focarmos na intencionalidade pedagógica de tais ações (GOLDIN-MEADOW, 2005), relacionando-as a movimentos epistêmicos.

No Multibase destacamos algumas particularidades, dentre elas: contagem em agrupamento em quantidades pequenas não apresentam dificuldades aos sujeitos; contagem com quantidades maiores (geralmente maiores que 5) necessitam a organização (ordenação) dos cubos de modo que os alunos não se percam no processo de contagem; as ações de (des)agrupar, favorecidas, pela interface imagética e do movimento em tela do dispositivo ocorrem naturalmente e sem maiores dificuldades.

Processos e ações epistêmicos

De acordo com Bikner-Ahsbabs (2006), os significados matemáticos emergem por meio de interpretações de ações. Para a pesquisadora, significados matemáticos são considerados pedaços de conhecimento que não são sempre algo verdadeiro, apenas viáveis para certo momento e contexto. Isso leva a entender conhecimento como de existência local e situada, podendo mudar com o tempo e até mesmo, às vezes, serem falsos. Krause (2016) considera essa produção de significados como processos epistêmicos, que ocorre por meio de interações sociais. Nessa pesquisa, estamos considerando que tais interações também podem ocorrer na relação sujeito-recurso digital por meio de toques em tela.

Com isso, baseada em estudos de Bikner-Ahsbabs (2006), Krause (2016) indica um modelo para ajudar a identificar condições que facilitam ou dificultam os processos epistêmicos. Tal modelo é baseado na observação de ações consideradas epistêmicas a fim de analisar processos utilizados por estudantes na produção de conhecimentos matemáticos quando realizam as interações propostas. Consideramos que o olhar para essas ações

epistêmicas é que vai nos ajudar a destacar que gestos ou toques em tela realizados pelos estudantes são epistêmicos, que é de interesse em nossa pesquisa. Para isso, fazemos aqui uma adaptação do modelo proposto por Krause (2016) para definir cinco ações epistêmicas a serem observadas:

- **Coletar:** ação observada quando o estudante consegue coletar 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 ou suas representações 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.
- **Reconectar:** ação observada quando o estudante revê as conexões já feitas, desfazendo-as, aperfeiçoando ou avançando em suas elaborações.
- **Elaborar:** ação observada quando o estudante consegue criar novas situações e consequentemente novos conhecimentos não previstos previamente para a tarefa orientada.

Cabe salientar que tais ações podem ser observadas mesmo que o conhecimento matemático esteja provisoriamente incorreto, ou seja, mesmo que haja algum erro conceitual por parte do estudante, ainda assim há uma ação epistêmica envolvida, que pode ser antecedida ou acompanhada por um gesto.

Metodologia de pesquisa

Quando analisamos toques em tela é fundamental encontrar elementos para o entendimento de seu significado, por isso a importância de atentarmos para a sua forma bem como o contexto no qual está inserido, bem como na intencionalidade pedagógica (GOLDIN-MEADOW, 2005). Mesmo assim, ainda há certa subjetividade no processo, que pode ser minimizada recorrendo à maior diversidade de instrumentos de produção de dados possível, levando-se em conta que nunca se tratará de simples observação de uma ação física, e sim de uma inferência sobre seu significado ou função (BAVELAS, 1994). Além disso, também deve se levar em conta o fato de que não podemos verificar de forma direta se os gestos ou toques em tela comunicam algo, apenas utilizar modelos específicos de como eles se comunicam, uma

vez que a comunicação implica necessariamente em uma compreensão da informação, mesmo que pessoal, por outro indivíduo.

Essa forma de enxergar toques em tela leva à opção por uma metodologia de pesquisa que possa considerar, em especial, o que estamos denominando por função desses movimentos. Nesse caso, a opção por uma abordagem qualitativa interpretativa parece-nos bastante adequada, uma vez que ela “assume que as pessoas desenvolvem seu mundo social por meio de suas ações interpretativas mútuas” (JUNGWIRTH, 2003, p. 189-190, tradução nossa).

Krause (2016) sinaliza que para interpretar gestos (ou toques em tela) uma questão importante a ser considerada é a determinação dos casos relevantes para análise. Segundo ela, essa relevância depende muito da questão de pesquisa que será respondida pela análise dos casos, e que as funções representacionais dos movimentos estão relacionadas à formação dos objetos matemáticos imediatos. A busca por esses casos relevantes é orientada por gestos, mais especificamente buscando compreender como eles podem contribuir para o estabelecimento de uma ação epistêmica concreta. Sendo assim, adaptando de Zanarelli (2006), as análises das ações gestuais podem ser ancoradas nas seguintes dimensões: 1) identificação e ilustração dos toques em tela; 2) finalidade dos toques em tela, considerando as maneiras características pelas quais eles podem representar entidades matemáticas e as formas características em que podem ajudar a agir epistemicamente, como proposto Krause (2016); e 3) regularidade dos toques em tela.

Descrição do contexto de pesquisa e da atividade


A situação investigada na pesquisa aqui apresentada ocorreu durante o contexto de pandemia da COVID 19, o que nos levou a algumas decisões em relação à forma da aplicação das atividades e produção de dados. Uma dessas decisões foi levar os estudantes a realizarem as tarefas de forma individual, cientes das perdas que poderiam acontecer pela falta de interações com outros colegas. Isso, de certa forma, limita o campo de observação dos movimentos uma vez que não há presença das falas durante o desenvolvimento das atividades pelos estudantes.

Para as observações foi aplicada uma atividade com dois estudantes do segundo ano do Ensino Fundamental de uma escola pública municipal, localizada em um bairro periférico do município de Serra, Espírito Santo. Para produção dos dados, foram utilizados registros filmados, gravações de tela do Multibase utilizando o aplicativo Screen Recorder, atividades e registros realizados pelos próprios estudantes.

Embora as atividades tenham sido desenvolvidas por dois estudantes, nesse texto nos concentramos nas ações de apenas um deles, porque o segundo teve dificuldades em terminar as atividades por uma pequena falha ocorrida no tablet que estava utilizando. Trata-se da Cássia (nome fictício), 8 anos completos, que, segundo relato de sua professora, é uma menina caprichosa, dedicada e muito participativa. Assim como a maioria de seus colegas, Cássia teve dificuldade de acompanhar aulas síncronas, assistir vídeos e realizar atividades on-line por falta de acesso a tecnologias digitais, tendo feito o acompanhamento somente por meio das APNPS (Atividades pedagógicas não presenciais) impressas. Entretanto, não apresentou dificuldade em manipular o tablet, demonstrando desenvoltura e habilidade. A estudante apresentava um excelente desenvolvimento em seu processo de alfabetização e em Matemática, conseguindo realizar leitura de pequenos textos, compreendendo globalmente o que foi lido e resolver problemas matemáticos adequados à sua idade escolar.

A atividade foi elaborada com a intenção de apresentar aos estudantes conceitos com os quais eles ainda não estavam familiarizados, mais especificamente adição com agrupamento e subtração com desagrupamento (Figura 4). É importante destacar que, os estudantes tiveram seu processo de aprendizagem prejudicado no ano de 2020 e parte de 2021, devido à pandemia imposta pela COVID 19, à necessidade de realização de atividades não presenciais e à fragilidade no acesso a tecnologias. A orientação dada pela Secretaria de Educação do Município de Serra foi que os trabalhos pedagógicos fossem concentrados na recuperação dos conteúdos não aprendidos no ano anterior. Isso quer dizer que, embora os estudantes estivessem cursando formalmente o 2º ano do Ensino Fundamental, as ações estão mais próximas do que normalmente é trabalhado no 1º ano.

Figura 4: Atividade para ser feita com o auxílio do Multibase








UM DIA NA FEIRA


Fonte: <https://pix.dreamstime.com/illustration-comprando-laranjas-frutas-no-mercado-estilizada-personagem-de-desenho-animado-compradores-camochas-verdes-olhando-na-feira-local-image221245681>. Acesso em 17/11/2021

TODOS SÁBADO GUITO VAI À FEIRA COM A MÃE DELE. ELE GOSTA MUITO DE IR À BANCADA MARIA COMPRAR AS FRUTAS QUE ELE ADORA.

1. REPRESENTE NO MULTIBASE A QUANTIDADE DE CADA FRUTA UTILIZANDO O MENOR NÚMERO DE PEÇAS POSSÍVEL

FRUTA	PEÇAS	QUANTIDADE
MAÇÃ		
BANANA		
ABACAXI		
LARANJA		
LIMÃO		


UTILIZANDO O MULTIBASE, DIGA QUANTAS FRUTAS AO TODO FORAM COMPRADAS

PEÇAS	QUANTIDADE
	






DURANTE UMA SEMANA, A FAMÍLIA DO GUITO CONSUMIU AS SEGUINTE QUANTIDADES DE FRUTAS:

FRUTA	QUANTIDADE
MAÇÃ	8
BANANA	15
ABACAXI	5
LARANJA	12
LIMÃO	13

QUANTAS FRUTAS AINDA RESTAM NA CASA DO GUITO?

PEÇAS	QUANTIDADE
	

NA ÚLTIMA VEZ QUE FOI, SUA MÃE COMPROU MAÇÃ, BANANA, ABACAXI, LARANJA E LIMÃO. VEJA AS QUANTIDADES QUE ELA COMPROU.

MAÇÃ	
BANANA	
ABACAXI	
LARANJA	
LIMÃO	

NÃO ESTRANHE A QUANTIDADE DE ABACAXIS, É QUE A MÃE DO GUITO FAZ TORTAS DE ABACAXI PARA VENDER.

Fonte: acervo dos pesquisadores

As observações e análises poderão ser acompanhadas pelos vídeos que acompanham esse texto e que são disponibilizados para acesso por meio de QR CODE. As gravações foram feitas em três perspectivas: do corpo, das mãos e da tela do Multibase (Figura 5).

Figura 5: Perspectivas da captura de movimentos



Fonte: Acervo dos pesquisadores

Produção de dados

Para organização dos dados produzidos, tomamos como referência o que é proposto por Zanarelli (2006), ancorando as análises das ações gestuais nas seguintes dimensões: 1) identificação e ilustração dos toques em tela; 2) finalidade dos toques em tela, considerando as maneiras características pelas quais eles podem representar entidades matemáticas e as formas características em que podem ajudar a agir epistemicamente, como proposto Krause (2016). A autora ainda indica como elemento importante no processo de análise que seja verificada a regularidade dos toques em tela. No entanto, para analisar tal regularidade seriam necessárias várias sessões de atividades diversificadas, o que não foi possível. Sendo assim, o foco ficará apenas nos dois primeiros itens.

Identificação e ilustração dos gestos e toques em tela

Em relação às especificidades da matemática, Assis (2020) e Bairral (2020) enumeram uma série de manipulações que podem nos permitir capturar, mapear e analisar detalhadamente alguns toques na tela e algumas ações matemáticas envolvidas em movimentos de rotação e com tarefas matemáticas específicas. Embora as pesquisas realizadas por esses autores sejam voltadas a atividades relacionadas à Geometria, adaptamos algumas e percebemos outras que são voltadas a atividades envolvendo o Multibase. Partimos de pesquisas realizadas

anteriormente (FRANZOSI, 2018; FREITAS, 2004, 2016a, 2016b) e de observações feitas durante a investigação aqui apresentada para mapear toques em tela que a estudante observada realizou no desenvolvimento da tarefa proposta (Quadro 1)

Quadro 1: Mapeamento de toques em tela realizados no Multibase

Manipulação		Ícone	Dimensão
Sem toque na tela			Pausa, análise, reflexão, observação, negociação
Toque	Simples		Seleção de algum elemento na construção, toque sobre a área de trabalho ou escolha de alguma função do aplicativo
	Simples e fixo		Seleção de algum elemento com momento para análise
Arraste	Para cima		Seleção de algum elemento e arraste para cima
	Para baixo		Seleção de algum elemento e arraste para baixo
	Para direita		Seleção de algum elemento e arraste para a direita
	Para esquerda		Seleção de algum elemento e arraste para a esquerda
	Ampliação		Zoom out para melhor visualização das peças
	Redução		Zoom in para visualização da área de manipulação
Contorno de objetos	Giro para esquerda		Tentativa de agrupamento de peças com giro no sentido anti-horário
	Giro para direita		Tentativa de agrupamento de peças com giro no sentido horário

Fonte: Elaborado pelos pesquisadores com base em Assis (2016)

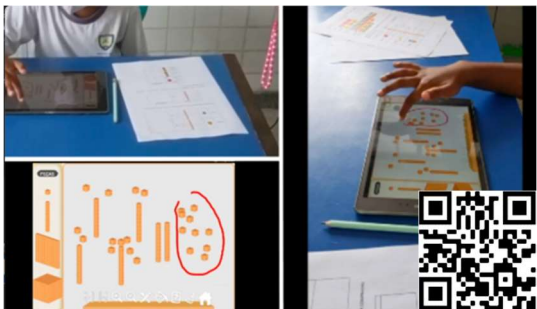

Nem todos os movimentos apresentados no quadro foram observados nas ações aqui apresentadas, sendo mais frequentes os movimentos de giro, toque simples, sem toque na tela e arrastar.

Finalidade dos toques em tela

Nessa seção são analisados movimentos realizados (toques em tela), buscando maneiras características pelas quais eles podem representar entidades matemáticas e as formas características em que podem ajudar a agir epistemicamente, como proposto Krause (2016). O

episódio analisado é inicialmente apresentado em quadro contendo uma breve descrição, QR Codes com acesso ao vídeo que mostra as três perspectivas de gravação e uma linha do tempo em que são mostrados ícones que caracterizam momentos em que toques em tela são realizados. Em seguida esses movimentos são analisados na perspectiva de vincular o movimento epistêmico realizado e sua contribuição para o desenvolvimento do pensamento matemático relacionado aos objetos matemáticos em estudo. No quadro 2, a seguir, é apresentado um episódio, mostrando um trecho do desenvolvimento da atividade pela estudante. Em seguida é feita uma análise com a intenção de apontar como as ações epistêmicas podem ser identificadas.

Quadro 2: Relação entre gestos e representações numéricas

Descrição	Vídeo
Cássia manipula o Multibase para realizar as adições propostas na atividade. Ela utiliza o movimento de contorno de objetos com giro nos sentidos horário e anti-horário. Quando faz uma tentativa de agrupamento equivocado, movimenta a mão direita, como se estivesse questionando a sua própria ação, o que em seguida é corrigida, realizando agrupamentos de 10 cubinhos corretamente. Realiza movimentos de arrastar peças para melhor organização de suas ações e aponta o dedo para realizar contagens.	
Linha do tempo com indicação de gestos ou toques em tela	
	

Fonte: Elaborado pelos pesquisadores

O **reconhecimento de estruturas** é perceptível no processo de adição, quando a estudante repete gestos de circular peças para agrupar 10 cubinhos/unidades em uma barrinha/dezena. Percebe-se que o primeiro movimento feito pela estudante é de circular uma barra e duas unidades, mas o aplicativo informa que tem algo errado. O movimento das mãos indica que ela está refletindo sobre ação. Ela pensa, movimenta peças na tela e passa então a agrupar 10 unidades. Isso indica uma ação de **reconexão**. Não é estabelecida uma organização, como normalmente ocorre com o uso de algoritmos, mas é clara a compreensão da organização e do agrupamento de unidades para formar uma dezena, pois ficou claro para ela que o que importava na situação proposta era a quantidade total de frutas.

Nesse artigo analisamos apenas um episódio, de um total de cinco, para ilustrar nossas discussões. Em todos eles, embora tenha havido um esforço para isolar os movimentos realizados a fim de destacar aqueles que geraram ações epistêmicas, concordamos com Krause

(2016) quando destaca que um único movimento, gesto ou toque em tela, pode mostrar aspectos de diferentes características. Embora tenhamos percebido que algumas ações epistêmicas foram mais presentes que outras, não conseguimos dizer se há alguma delas que foi mais importante para o desenvolvimento do pensamento matemático relacionado ao objeto em estudo. Isso porque, como dissemos anteriormente, a limitação de tempo de pesquisa não permitiu que pudéssemos analisar a regularidade dos gestos e toques em tela. Todavia, podemos afirmar que é o conjunto de ações epistêmicas que colabora com o aprendizado.

Considerações finais

Neste artigo ilustramos um mapeamento de toques em tela de DMT e indicamos suas finalidades em uma atividade envolvendo operações de adição e subtração no aplicativo Multibase. O mapeamento dos toques em tela foi feito a partir de pesquisas realizadas por Assis (2020), Bairral (2020), Franzosi (2018) e Freitas (2004, 2016a, 2016b), bem como de observações e inserções feitas ao longo da pesquisa. Tal mapeamento resultou em classificações para os toques em tela, que ajudaram nos processos de observações e indicações daqueles de, de alguma forma, colaboraram em processos de desenvolvimento do raciocínio matemático pela estudante investigada.

A partir dessas observações de toques conseguimos partir para uma análise relacionada à contribuição desses toques para a organização do pensamento e, consequente, para o desenvolvimento das atividades propostas. Tais análises foram feitas a partir de duas dimensões, propostas por Zanarelli (2006), que levaram à identificação de finalidades dos toques em tela, considerando as maneiras características pelas quais eles podem representar entidades matemáticas e as formas características em que podem ajudar a agir epistemicamente, como proposto Krause (2016).

Realizar ações epistêmicas (coletar, conectar, reconhecer estruturas, reconectar e elaborar) amplia o espectro cognitivo-linguístico do sujeito de modo que consiga organizar o seu pensamento e estabelecer processos de aprendizagens cada vez mais criativos e autônomos. Essa é uma mensagem importante para cenários que buscam a inclusão mediante inovação tecnológica. Ainda, que não basta desenvolver novas tecnologias se não mudamos nosso olhar pedagógico de forma a potencializar o humano e suas novas formas de interagir e de estar no mundo, com qualquer tecnologia.

Como destacamos um olhar para os toques e os gestos que podem enriquecer nossa aprendizagem de modo que o desenvolvimento de novas atividades também seja necessário. Os toques (em movimentos de contorno dos objetos) estão associados a ideia de agrupamento. Os

toques de arrastar peças para organização e os de apontar o dedo (toques simples) para realizar contagens. O processo de contagem ocorre simultaneamente com movimentos de agrupamento. Isso parece ser uma peculiaridade do aplicativo, que promove estratégias (neste caso, contar e agrupar) de forma articulada (BAIRRAL, FREITAS, FERREIRA, 2022). Não há uma hierarquia ou sequência nesses toques.

As discussões aqui feitas estão em constante processo de amadurecimento e descobertas. Pretendemos, a partir daqui avançar para outros tipos de movimentos corporais, incrementando estudos sobre gestos efetuados com intenção de comunicação, com acompanhamento ou não da fala. Defendemos que o corpo como um todo deve ser considerado em processos de aprendizagem e, por isso, ações gestuais executadas distante do dispositivo digital também são importantes para a compreensão de modos e formas de pensar matematicamente.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – FAPES pelo apoio com fomento a essa pesquisa, especialmente para aquisição de equipamento e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq também pelo apoio também com fomento para aquisição de equipamentos e financiamento de bolsa de pós-doutoramento.

Referências

- ASSIS, A. R. DE. *Alunos do Ensino Médio Trabalhando no Geogebra e no Construtor Geométrico: mãos e rotações em touchscreen*. [s.l.] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2016.
- ASSIS, A. R. DE. *Alunos do Ensino Médio realizando toques em telas e aplicando isometrias com Geogebra*. [s.l.] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2020.
- BAIRRAL, M. Not Only What is Written Counts! Touchscreen Enhancing our Cognition and Language. *Global Journal of Human-Social Science*, v. 20, n. June, p. 1–10, 2020.
- BAIRRAL, M. *Tecnologias móveis, neurocognição e aprendizagem matemática*. 1. ed. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2021.
- BAIRRAL, M. A. *Do clique ao touchscreen: novas formas de interação e de aprendizado matemático*. 36ª Reunião Nacional da ANPED. *Anais...*Goiânia-GO: 36ª Reunião Nacional da ANPED, 2013
- BAIRRAL, M. A. *Educação e matemática em dispositivos móveis: construindo uma agenda de pesquisas educacionais focadas no aprendizado em tablets*. 4º Colóquio de Pesquisas em Educação e Mídia. *Anais...*Rio de Janeiro: CCH-UNIRIO, 2014
- BAIRRAL, M. A. As Manipulações em Tela Compondo a Dimensão Corporificada da Cognição Matemática. *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática*, v. 10, n. 2, p. 104–111, 2017.
- BAIRRAL, M.; ASSIS, A.; SILVA, B. C. DA. *Mãos em ação em dispositivos touchscreen na educação matemática*. Seropédica, RJ: Ed. da UFRRJ, 2015.

Revista Interinstitucional Artes de Educar. Rio de Janeiro, v. 9, n.1 - p. 67-86, jan.-abr. de 2023: “**Processos formativos na docência de professores (as) que ensinam Matemática na Educação Infantil e/ou anos iniciais do Ensino Fundamental**” – DOI: <https://doi.org/10.12957/riae.2023.68462>

- BAIRRAL, M., FREITAS, R. C., FERREIRA, K. A. P. App Multibase y el desarrollo del sentido numérico. *Uno. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, n. 97, p. 28-36.
- BAVELAS, J. B. Gestures as Part of Speech: Methodological Implications. *Research on Language and Social Interaction*, v. 27, n. 3, p. 201–221, 1994.
- BERTELETTI, I.; BOOTH, J. R. Perceiving fingers in single-digit arithmetic problems. *Frontiers in Psychology*, v. 6, n. MAR, p. 1–10, 2015.
- BIKNER-AHSBAHS, A. *Semiotic sequence analysis - Constructing epistemic types*. (J. Novotná et al., Eds.) *Mathematics in the centre: Proceedings of the 30th conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (vol. 2). Anais...Prague (Czech Republic): PME, 2006*
- BOALER, J. et al. Seeing as Understanding: The Importance of Visual Mathematics for our Brain and Learning. *Journal of Applied & Computational Mathematics*, v. 05, n. 05, 2016.
- DAMÁSIO, A. R. *O Erro de Descartes: Emoção, Razão e o Cérebro Humano*. São Paulo: Cia das Letras, 1996.
- EDWARDS, L. D.; ROBUTTI, O. Embodiment, modalities, and mathematical affordances. In: EDWARDS, L. D.; FERRARA, F.; MOORE-RUSSO, D. (Eds.). *Emerging Perspectives on Gesture and Embodiment in Mathematics*. Charlotte: Information Age Publishing, 2013. p. 1–26.
- FRANZOSI, V. R. *Agrupamentos e desagrupamentos no Aplicativo Multibase: uma proposta de ensino do conceito de número e operações do campo conceitual aditivo*. [s.l.] Instituto Federal do Espírito Santo, 2018.
- FREITAS, R.; BAIRRAL, M. A. O pensamento matemático mediante gestos e toques em tela no aplicativo Multibase em tablets. *Bolema*, v. 37, n. 74, p. 1–21, 2023.
- FREITAS, R. C. O. *Um ambiente para operações virtuais com o Material Dourado*. [s.l.] Universidade Federal do Espírito Santo, 2004.
- FREITAS, R. C. O. Aplicativo Multibase para Tablets : Análise de uma de suas Funcionalidades. *Educação Matemática em Revista*, v. 51, p. 15–24, 2016a.
- FREITAS, R. C. O. Dos Computadores De Mesa Aos Dispositivos Móveis: a Evolução De Um Aplicativo Voltado Para O Ensino E a Aprendizagem De Números E Operações Aritméticas. *Revista Ifes Ciência*, v. 2, n. 2, p. 132–146, 2016b.
- FREITAS, R. C. O. Imagens, movimentos e dedos das mãos: experiências aritméticas com o aplicativo Multibase. *XIII Encontro Nacional de Educação Matemática*, p. 1:15, 2019.
- GOLDIN-MEADOW, S. *Hearing gesture: how our hands help us think*. Cambridge: Harvard University Press, 2005.
- JUNGWIRTH, H. Interpretative Forschung in der Mathematikdidaktik - ein Überblick für Irrgäste, Teilzieher und Standvögel. *ZDM - International Journal on Mathematics Education*, v. 35, n. 5, p. 189–200, 2003.
- KRAUSE, C. M. *The Mathematics in our hands: how gestures contribute to constructing mathematical knowledge*. Wiesbaden: Springer Spektrum, 2016.
- LIM, Y. K.; LEE, S. S.; LEE, K. Y. Interactivity attributes: A new way of thinking and describing interactivity. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, n. April, p. 105–108, 2009.
- MEIER, M. *O uso de dispositivos móveis e tecnologia touchscreen em atividade de Geometria*. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.
- NÚÑEZ, R. E.; EDWARDS, L. D.; MATOS, J. F. Embodied cognition as grounding for situatedness and context in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, v. 39, n. 1–3, p. 45–65, 1999.
- PARK, D.; LEE, J. H.; KIM, S. Investigating the affective quality of interactivity by motion feedback in mobile touchscreen user interfaces. *International Journal of Human Computer Studies*, v. 69, n. 12, p. 839–853, 2011.

SAMURÇAY, R.; PASTRÉ, P. La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences. *Education Permanente*, v. 123, n. 2, p. 13–31, 1995.

ZANARELLI, C. *Caractérisation des stratégies instrumentales de gestion d'environnements dynamiques: analyse de l'activité de régulation du métro*. [s.l.] Université Paris VIII-SAINT-DENIS, 2006.

ⁱ Com financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

ⁱⁱ Disponível em https://play.google.com/store/apps/details?id=com.multibase&hl=pt_BR&gl=US. Acesso em 11 Nov. 2021.

ⁱⁱⁱ O Jogo do Nunca tem como objetivo trabalhar o princípio de agrupamento de quantidades em diferentes bases, com vistas a uma melhor compreensão do sistema de numeração decimal.