v7.n10.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE UM APLICATIVO MÓVEL PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

THE PROCESS OF DEVELOPING A MOBILE APPLICATION FOR TEACHING SPATIAL GEOMETRY

EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA ESPACIAL

Hemerson Milani Mendes[1], Liliane da Silva Coelho Jacon[2]

e7109146
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i9.9146

PUBLICADO: 10/2026

RESUMO

Os dispositivos móveis vêm ganhando espaço na educação, sobretudo como recurso de aprendizagem móvel (*m-learning*), e a reflexão sobre seu emprego pedagógico perpassa o processo de construção de aplicativos educacionais, que não pode prescindir de uma preocupação epistemológica e pedagógica. Este artigo, recorte de pesquisa de mestrado acadêmico em Educação Matemática do PPGEM/UNIR (Ji-Paraná/RO), tem como objetivo analisar, à luz da Teoria de Sistemas de Atividade (TSA) e do constructo *Seres-Humanos-Com-Mídias*, o processo de construção de um aplicativo móvel para o ensino de Geometria Espacial com emprego da Realidade Aumentada. Adota-se a perspectiva de que atores não humanos (mídias) participam da produção do conhecimento matemático (BORBA; VILLARREAL, 2005) e de que a aprendizagem se dá em atividade (ENGESTRÖM, 1999). A pesquisa, de abordagem qualitativa, teve como *corpus* as gravações de 11 encontros síncronos realizados entre maio de 2020 e setembro de 2021 por um professor de Matemática, um acadêmico de Computação e a orientadora de ambos, as versões sucessivas do aplicativo e os artigos produzidos no período; os episódios de tensão foram analisados por meio do ciclo de desenvolvimento expansivo, quinto princípio da TSA. Os resultados indicam três mediociclos expansivos — a participação nos encontros, a elaboração de artigos científicos e a finalização e o registro do *software* — e mostram que tensões relativas à escrita matemática no teclado do dispositivo e à organização linear do menu produziram reorganizações sucessivas do aplicativo, em um processo de moldagem recíproca entre sujeitos e mídia. O aplicativo, denominado GeoRondo, obteve registro de programa de computador no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e contextualiza sólidos geométricos em construções civis e monumentos históricos de Rondônia, com potencial de contribuição para o ensino e a aprendizagem da Geometria Espacial, a ser verificado em estudos com estudantes e professores.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem móvel. Ensino de Geometria Espacial. Teoria de Sistemas de Atividade. *Seres-Humanos-Com-Mídias*. *Design* de aplicativo.

ABSTRACT

Mobile devices have been gaining ground in education, especially as a mobile learning (m-learning) resource, and reflection on their pedagogical use involves the process of building educational applications, which cannot disregard epistemological and pedagogical concerns.

[1] Mestre em Educação Matemática pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e professor com atuação em Educação Matemática e tecnologias digitais. Instituição de vínculo: Secretaria de Estado da Educação de Rondônia (SEDUC/RO), Brasil.

[2] Doutora em Educação em Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Mato Grosso (REAMEC) e docente do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PPGEM) da UNIR, com atuação em tecnologias digitais e dispositivos móveis na educação. Instituição de vínculo: Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Brasil.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

This article, part of a master's research project in Mathematics Education carried out in the Graduate Program in Mathematics Education (PPGEM) of the Federal University of Rondônia (UNIR), Ji-Paraná/RO, aims to analyze, in light of Activity Systems Theory (AST) and the Humans-with-Media construct, the process of developing a mobile application for teaching Spatial Geometry using Augmented Reality. It adopts the perspective that non-human actors (media) take part in the production of mathematical knowledge (BORBA; VILLARREAL, 2005) and that learning occurs in activity (ENGESTRÖM, 1999). The research follows a qualitative approach; its corpus comprised the recordings of 11 synchronous meetings held between May 2020 and September 2021 by a mathematics teacher, a Computer Science undergraduate and their advisor, the successive versions of the application, and the papers produced in the period. Episodes of tension were analyzed using the expansive development cycle, the fifth principle of AST. The results indicate three intermediate-scale expansive cycles (mediocycles) — participation in the meetings, the writing of scientific papers, and the completion and registration of the software — and show that tensions concerning mathematical writing on the device keyboard and the linear organization of the menu led to successive reorganizations of the application, in a process of reciprocal shaping between subjects and media. The application, called GeoRondo, obtained a computer program registration from the National Institute of Industrial Property (INPI) and contextualizes geometric solids in civil constructions and historical monuments of Rondônia, with potential to contribute to the teaching and learning of Spatial Geometry, which remains to be verified in studies with students and teachers.

KEYWORDS: *Mobile learning. Teaching Spatial Geometry. Activity Systems Theory. Humans-with-Media. Application design.*

RESUMEN

Los dispositivos móviles han ganado espacio en la educación, sobre todo como recurso de aprendizaje móvil (m-learning), y la reflexión sobre su uso pedagógico atraviesa el proceso de construcción de aplicaciones educativas, que no puede prescindir de una preocupación epistemológica y pedagógica. Este artículo, recorte de una investigación de maestría académica en Educación Matemática del PPGEM/UNIR (Ji-Paraná/RO), tiene como objetivo analizar, a la luz de la Teoría de los Sistemas de Actividad (TSA) y del constructo Seres-Humanos-con-Medios, el proceso de construcción de una aplicación móvil para la enseñanza de la Geometría Espacial con el empleo de la Realidad Aumentada. Se adopta la perspectiva de que actores no humanos (medios) participan en la producción del conocimiento matemático (BORBA; VILLARREAL, 2005) y de que el aprendizaje ocurre en actividad (ENGESTRÖM, 1999). La investigación es cualitativa; su corpus estuvo compuesto por las grabaciones de 11 encuentros sincrónicos realizados entre mayo de 2020 y septiembre de 2021 por un profesor de Matemáticas, un estudiante de Computación y la orientadora de ambos, las versiones sucesivas de la aplicación y los artículos producidos en el período. Los episodios de tensión se analizaron mediante el ciclo de desarrollo expansivo, quinto principio de la TSA. Los resultados indican tres mediociclos expansivos —la participación en los encuentros, la elaboración de artículos científicos y la finalización y el registro del software— y muestran que las tensiones relativas a la escritura matemática en el teclado del dispositivo y a la organización lineal del menú produjeron reorganizaciones sucesivas de la aplicación, en un proceso de moldeamiento recíproco entre sujetos y medio. La aplicación, denominada GeoRondo, obtuvo el registro de programa de computadora ante el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INPI) y contextualiza sólidos geométricos en construcciones civiles y monumentos históricos de Rondônia, con potencial de contribución a la enseñanza y el aprendizaje de la Geometría Espacial, que deberá verificarse en estudios con estudiantes y profesores.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

***PALABRAS CLAVE**: Aprendizaje móvil. Enseñanza de la Geometría Espacial. Teoría de los Sistemas de Actividad. Seres-Humanos-con-Medios. Diseño de aplicación.*

INTRODUÇÃO

O impacto do emprego dos dispositivos móveis na sociedade exige reflexão sobre as novas tendências no contexto educacional, centradas nos sujeitos do processo educativo — estudantes e educadores (AQUINO, 2021). O avanço no uso dessa tecnologia oportuniza o emprego emergente da aprendizagem com mobilidade (*m-learning*), ou seja, aprender enquanto se está em movimento, rompendo com as barreiras físicas da sala de aula (SACCOL *et al.*, 2010).

Para tanto, o uso pedagógico dos dispositivos móveis exige uma metodologia diferenciada para o processo de ensino e aprendizagem, e a reflexão sobre esse emprego perpassa o processo de construção de aplicativos educacionais. No caso específico da Geometria Espacial, uma dificuldade apontada na literatura (PAVANELLO, 1989, 1993; LORENZATO, 1995) relaciona-se ao predomínio de representações bidimensionais dos objetos geométricos nos recursos didáticos impressos, o que dificulta a percepção de profundidade necessária à compreensão desses objetos. Nesse sentido, estudos têm enfatizado o valor pedagógico da Realidade Aumentada (RA) no ensino de Geometria Espacial (RIBEIRO; GUTERRES; SILVEIRA, 2020; BRAGA; NUNES, 2021), recurso para o qual os dispositivos móveis dispõem de meios visuais apropriados.

Um aplicativo móvel (*software*), instalado no dispositivo pessoal do estudante e executado no momento e no local desejados, não se reduz, na perspectiva adotada neste artigo, a um suporte para a veiculação de conteúdos planejados pelo professor: ele participa da produção do conhecimento matemático. Por essa razão, o processo de construção de um aplicativo não pode prescindir de uma preocupação com as questões epistemológicas e pedagógicas envolvidas.

No plano epistemológico, o papel de atores não humanos (mídias) no processo de produção matemática é discutido por Borba e Villarreal (2005), que sugerem a promoção de novas formas e estruturas de pensamento a partir da interação com as mídias. No plano pedagógico, considera-se que didáticas baseadas na transmissão do conhecimento admitem passividade, enquanto as baseadas na aquisição assumem atividade por parte do aprendiz (DANIELS, 2003). A abordagem histórico-cultural da Teoria da Atividade (TA), desdobrada a partir das ideias de Vigotski e de Leontiev (2001), tem nos conceitos de mediação e de atividade seus elementos fundamentais.

Revisões e metanálises sobre RA na educação concentram-se, sobretudo, nos efeitos do uso de aplicativos já desenvolvidos sobre a aprendizagem e a motivação dos estudantes, com

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

resultados em geral favoráveis (GARZÓN; ACEVEDO, 2019; CHANG *et al.*, 2022). Menor atenção tem sido dada ao processo de construção desses aplicativos, isto é, ao modo como decisões pedagógicas e técnicas são negociadas entre profissionais de áreas distintas e como essas negociações transformam o próprio artefato. É nessa lacuna que se insere este artigo, ao tomar como objeto de análise o processo colaborativo de construção de um aplicativo de RA entre sujeitos da Educação Matemática e da Computação.

Diante disso, esta pesquisa fundamenta-se na terceira geração da Teoria da Atividade, sistematizada por Engeström (1987, 1999) como Teoria de Sistemas de Atividade (TSA), que toma o sistema de atividade coletivo como unidade de análise; ao longo do texto, emprega-se a denominação Teoria de Sistemas de Atividade para essa vertente, reservando-se Teoria da Atividade para a tradição histórico-cultural mais ampla da qual ela deriva. A TSA é articulada ao constructo *Seres-Humanos-Com-Mídias* (BORBA; VILLARREAL, 2005), que enfatiza o papel das mídias na produção do conhecimento. O problema de investigação que orienta este artigo é: como analisar o processo de construção de um aplicativo móvel para o ensino de Geometria Espacial com emprego da Realidade Aumentada, à luz dos pressupostos teóricos da Teoria de Sistemas de Atividade e do constructo *Seres-Humanos-Com-Mídias*?

O objetivo geral deste artigo é analisar, à luz da Teoria de Sistemas de Atividade (TSA) e do constructo *Seres-Humanos-Com-Mídias*, o processo de construção de um aplicativo móvel para o ensino de Geometria Espacial com emprego da Realidade Aumentada. Como objetivos específicos, buscou-se: a) investigar o ensino de Geometria Espacial no Brasil a partir das orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC); b) investigar o emprego de dispositivos móveis na Educação Matemática (*m-learning*), com foco no ensino de Geometria Espacial e no uso da Realidade Aumentada; e c) descrever o Sistema de Atividade do processo de construção do aplicativo móvel e seus elementos, bem como as ações realizadas pelos sujeitos envolvidos.

A justificativa desta investigação assenta-se na necessidade de buscar formas e metodologias que possibilitem aproveitar os recursos disponíveis nos dispositivos móveis no processo de ensino e aprendizagem, em especial no contexto da Educação Matemática. A construção de um aplicativo com recursos de Realidade Aumentada pode favorecer a visualização tridimensional de objetos da Geometria Espacial; contudo, apenas a inserção de tecnologias digitais no ambiente escolar não resolve, por si só, os percalços do processo de ensino e aprendizagem, sendo necessário considerar as questões epistemológicas e pedagógicas já mencionadas.

Este artigo apresenta um recorte de uma pesquisa de mestrado acadêmico em Educação Matemática, intitulada "O processo de construção de um aplicativo móvel para o Ensino de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Geometria Espacial", defendida no Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PPGEM) da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), campus de Ji-Paraná/RO, sob orientação da segunda autora deste artigo.[1] O texto está organizado, além desta introdução, em referencial teórico, metodologia, resultados e discussão e considerações finais.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

O ensino de Geometria Espacial no Brasil

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) tem como proposta consolidar os conhecimentos construídos ao longo da Educação Básica, bem como aprofundar e ampliar experiências significativas para a vida cotidiana, assegurando o direito à aprendizagem em consonância com o Plano Nacional de Educação (BRASIL, 2017). Em relação à Matemática, a BNCC organiza as habilidades em unidades de conhecimento — Números, Álgebra, Geometria, Grandezas e Medidas, Probabilidade e Estatística — e aponta que os estudantes devem fazer uso de ferramentas tecnológicas desde os anos iniciais do Ensino Fundamental, de modo a estimular o pensamento computacional. No que se refere à Geometria, o documento destaca que o estudo de posição, deslocamentos, formas e relações entre elementos de figuras planas e espaciais desenvolve o pensamento geométrico necessário para investigar propriedades, elaborar conjecturas e produzir argumentos convincentes (BRASIL, 2017).

Apesar da relevância do tema, os resultados de avaliações em larga escala indicam dificuldades persistentes na aprendizagem matemática na Educação Básica brasileira: no Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) de 2022, 73% dos estudantes brasileiros de 15 anos não alcançaram o nível 2 de proficiência em Matemática, considerado o patamar básico, ante 31% na média dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (BRASIL, 2023). No caso da Geometria, a literatura aponta raízes históricas dessa defasagem. Pavanello (1993) atribui parte dela à liberdade concedida às escolas para a organização dos programas de Matemática, o que fez com que professores inseguros para trabalhar com Geometria deixassem de incluí-la no planejamento ou a relegassem ao final do ano letivo. Pavanello (1989) acrescenta que as razões para essa não priorização concentram-se em torno de questões de rigor e de visualização. Lorenzato (1995)

[1] Este artigo é um recorte da dissertação de mestrado de Hemerson Milani Mendes, orientada por Liliane da Silva Coelho Jacon. O desenvolvimento técnico do aplicativo GeoRondo foi realizado por Eduardo Vasconcelos Gaião, à época acadêmico do curso de Bacharelado em Ciência da Computação da UNIR, campus de Porto Velho/RO, sob a mesma orientação. Essa pesquisa casada resultou também no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Eduardo Vasconcelos Gaião sobre o mesmo software. Eduardo Vasconcelos Gaião autorizou a divulgação dos diálogos reproduzidos neste artigo e é coautor dos três artigos científicos citados na seção de Resultados e Discussão.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

reforça que, sem o estudo da Geometria, as pessoas não desenvolvem o pensar geométrico ou o raciocínio visual, o que compromete a leitura interpretativa do mundo e a compreensão de outras áreas do conhecimento.

Nos recursos didáticos impressos, como o livro e o quadro, os objetos geométricos espaciais são necessariamente representados em perspectiva sobre o plano, o que pode dificultar a experiência de profundidade necessária à sua compreensão. Segundo Giancaterino (2009), a aprendizagem matemática deve relacionar-se à realidade do estudante, sendo necessário revitalizar formas de ensino que ainda não atendem a um ensino crítico e participativo. Costa (2020) observa que, nos livros didáticos atuais, os conceitos geométricos passaram a ser explorados de forma mais articulada com outros campos da Matemática, o que representa um avanço em relação à tradição de reservar a Geometria para os capítulos finais das obras.

Barbosa (2003) destaca a relação histórica entre a necessidade humana de compreender e descrever o próprio meio e o desenvolvimento da Geometria Euclidiana, defendendo que a aprendizagem das propriedades geométricas exige concretizações intuitivas e experimentais, nas quais a visualização e o fazer possibilitam ao estudante construir os conceitos geométricos e desenvolver o raciocínio lógico. A contextualização da Geometria com formas presentes nos ambientes urbanos e rurais — como os objetos da construção civil — constitui, portanto, um caminho relevante para a aprendizagem significativa desse conteúdo.

Dispositivos móveis, mobilidade e aprendizagem móvel (*m-learning*)

A inserção da tecnologia móvel no contexto educativo compreende o uso de dispositivos conectados à *internet*, agregando funcionalidades antes restritas aos computadores de mesa. Jacon *et al.* (2014) destacam a mobilidade como característica principal da tecnologia móvel, que permite mapear, acessar, manipular, criar, distribuir e compartilhar informações e conhecimentos a qualquer momento e espaço, por meio de redes sem fio. Lemos (2009) propõe três dimensões da mobilidade — cognitiva (de pensamento), física (de transporte) e informacional-virtual (acesso à informação e à mídia) — ressaltando a inter-relação entre elas.

A modalidade de aprendizagem móvel, denominada *m-learning* ou *mobile learning*, é definida por O'Malley *et al.* (2003 *apud* CLEOPHAS *et al.*, 2015) como qualquer forma de aprendizagem que ocorre quando o aluno não está em local fixo e predeterminado, aproveitando as oportunidades oferecidas pelas tecnologias móveis. Para Saccol *et al.* (2010), trata-se de processos de aprendizagem apoiados por tecnologias móveis e sem fio cuja característica fundamental é a mobilidade dos aprendizes, que podem estar física e geograficamente distantes

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

entre si e dos espaços formais de educação. Segundo Müller (2012), o *m-learning* apresenta como principais benefícios a rapidez e a facilidade na disseminação do conhecimento e a disponibilização da aprendizagem em qualquer hora e lugar, incentivando contextos práticos e motivadores.

Realidade Aumentada no ensino de Geometria Espacial

A Realidade Aumentada (RA) é um recurso que pode ser incorporado a aplicativos educacionais, sendo empregada, sobretudo, na visualização de formas geométricas, gráficos tridimensionais e simulações interativas. Segundo Forte (2009), a RA está ligada à realidade real, oferecendo ao usuário a possibilidade de vivenciar elementos de um mundo virtual sem que ele saia dessa realidade. Milgram e Kishino (1994 *apud* GARCIA; ORTEGA; ZEDNIK, 2017) situam a Realidade Aumentada no contínuo entre o ambiente real e o ambiente virtual (*Reality-Virtuality Continuum*), caracterizando-a pela combinação de elementos reais e virtuais, pela interatividade em tempo real e pela visualização tridimensional.

De acordo com Schneider *et al.* (2011), a RA possibilita representar dados e informações não diretamente detectáveis pelos sentidos humanos, contribuindo para a melhoria da interação com o mundo real em áreas como educação, medicina, turismo e entretenimento. Resende e Müller (2018) destacam que o avanço da RA em dispositivos móveis potencializa o ensino e a aprendizagem da Matemática ao articular o mundo cibernético e o mundo real. Ribeiro, Guterres e Silveira (2020) reforçam que a Realidade Aumentada e o ensino de Geometria podem se aliar para estabelecer experiências de aprendizagem mais significativas, permitindo que os alunos manipulem objetos virtuais em conjunto com o ambiente real, concepção que corrobora as ideias de Piaget e Inhelder (1981) sobre a percepção como transformação do campo perceptivo.

Almeida, Lima e Borges (2019) salientam que a permissão para que os alunos utilizem seus próprios dispositivos móveis em sala de aula potencializa uma postura mais ativa dos sujeitos no processo de ensino e aprendizagem, possibilitando a vivência da tangibilidade por meio das mídias. Assim, a integração da Realidade Aumentada aos dispositivos móveis constitui uma alternativa relevante para a visualização tridimensional de objetos da Geometria Espacial, complementando as representações bidimensionais dos recursos impressos.

Pesquisas recentes reforçam essas indicações e, ao mesmo tempo, qualificam-nas. A metanálise de Garzón e Acevedo (2019), que reuniu 64 estudos publicados entre 2010 e 2018, identificou efeito médio da RA sobre os ganhos de aprendizagem dos estudantes; a de Chang *et al.* (2022), com 134 estudos experimentais e quase experimentais publicados entre 2012 e 2021, encontrou efeitos de médios a grandes sobre conhecimentos, habilidades e desempenho,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

maiores nas intervenções de maior duração. Os mesmos autores observaram, contudo, que a presença de visualização tridimensional não se associou, por si só, a maiores ganhos de conhecimento, o que indica que os efeitos da RA dependem das escolhas de *design* pedagógico — aspecto diretamente relacionado ao processo de construção analisado neste artigo.

2. METODOLOGIA

A abordagem qualitativa desta pesquisa fundamenta-se nas características apontadas por Bogdan e Biklen (1994): investigação descritiva, atenção ao significado, fonte direta de dados no ambiente natural e interesse dos investigadores pelo processo mais do que pelos resultados ou produtos isoladamente. O aporte teórico-metodológico articula a Teoria de Sistemas de Atividade (TSA), de Engeström (1987, 1999), e o constructo *Seres-Humanos-Com-Mídias* (BORBA; VILLARREAL, 2005), este último também apoiado nos conceitos de Tecnologias da Inteligência (LÉVY, 1993) e de Reorganização do Pensamento (TIKHOMIROV, 1981), conforme sistematizado por Souto e Borba (2016).

O Sistema Seres-Humanos-Com-Mídias

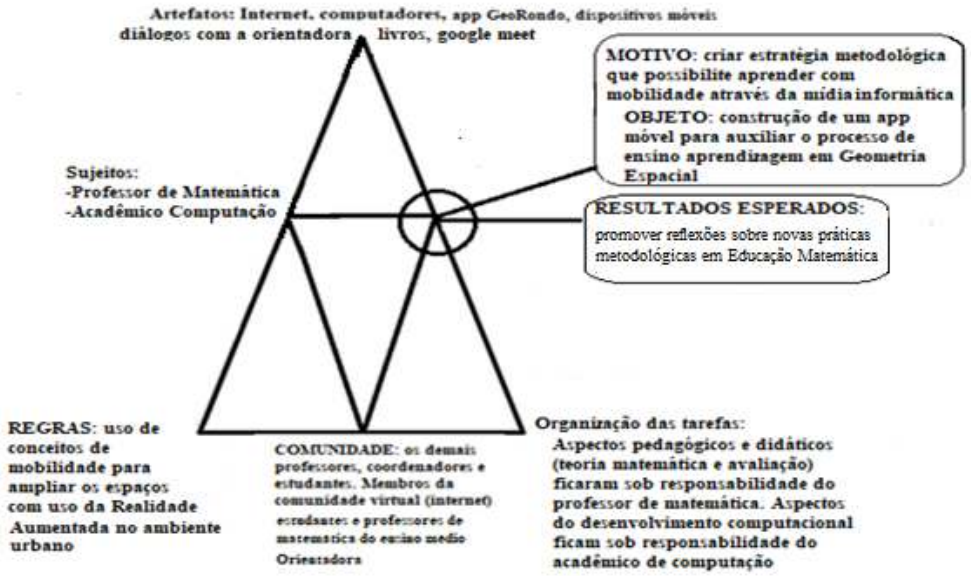
Segundo Borba e Villarreal (2005), os conhecimentos matemáticos e não matemáticos são produzidos por meio das inter-relações entre atores humanos (alunos e professores), mídias (oralidade, escrita e informática) e tecnologias da inteligência, constituindo um coletivo pensante denominado *Seres-Humanos-Com-Mídias*. Para os autores, os humanos moldam a tecnologia além do *design* de ferramentas e aparatos digitais: a tecnologia digital está saturada de humanidade em sua concepção, e os humanos estão impregnados dela. Engelbrecht, Llinares e Borba (2020) reforçam que o desenvolvimento de tecnologias digitais oferece novas oportunidades aos educadores matemáticos, gerando práticas e objetivos de ensino e aprendizagem que não eram concebidos há alguns anos.

O Sistema de Atividade da construção do *app* GeoRondo

A Teoria de Sistemas de Atividade, desdobrada a partir das ideias de Vigotski e de Leontiev (2001), estrutura-se em torno dos conceitos de mediação e de atividade. Engeström (1987) sistematiza um triângulo mediacional que, conforme Daniels (2003, p. 118), possibilita examinar sistemas de atividade no nível macro do coletivo, e não apenas no nível micro do sujeito individual. O Sistema de Atividade (SA) da presente pesquisa foi composto pelos seguintes elementos (Figura 1):

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 1. Sistema de Atividade da construção do aplicativo GeoRondo



Fonte: elaborada pelos autores, baseada em Daniels (2003, p. 119).

Sujeitos: o acadêmico do curso de Bacharelado em Computação da UNIR, campus de Porto Velho/RO, aqui denominado futuro profissional da computação (FPC), e o discente do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PPGEM), aqui denominado professor de matemática (PM).

Artefatos (meios mediacionais): os diálogos mediados pela orientadora, aqui denominada professora de pós-graduação (PPG); a *internet*; dispositivos móveis; computadores; o livro “Fundamentos de Matemática Elementar: Geometria Espacial, posição e métrica” (DOLCE; POMPEO, 2010); videoconferências via *Google Meet*; mensagens via *WhatsApp*, empregadas para o envio de arquivos e de versões do aplicativo; e ferramentas de programação como *React Native*, *JavaScript*, *ViroReact*, *BabylonJS* e *Blender*.

Motivo: criar uma estratégia metodológica que possibilitasse aprender com mobilidade por meio de mídia informática, especificamente dispositivos móveis com Realidade Aumentada.

Objeto: a construção de um aplicativo de Geometria Espacial, empregando a visualização de projeções tridimensionais de objetos presentes no ambiente cotidiano urbano (construção civil) por meio da Realidade Aumentada.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Resultado esperado: promover reflexões sobre novas práticas metodológicas em Educação Matemática, ampliando a mobilidade dos aprendizes para além dos espaços formais de educação.

Comunidade: professores, coordenadores e estudantes do PPGEM, bem como membros da comunidade virtual envolvida no processo.

Regras: a utilização dos conceitos de mobilidade (*m-learning*) e da simbologia matemática na visualização dos objetos geométricos.

Divisão do trabalho: o professor de matemática (PM) responsabilizou-se pelo conteúdo teórico matemático e pela elaboração dos exercícios; o futuro profissional da computação (FPC) responsabilizou-se pela programação técnica e pelas projeções tridimensionais com Realidade Aumentada.

O processo de construção do aplicativo GeoRondo compreendeu 11 (onze) encontros síncronos, realizados entre maio de 2020 e setembro de 2021, intermediados pela orientadora da pesquisa (Quadro 1), com duração entre 20 e 70 minutos e total aproximado de oito horas de gravação, nos quais foram discutidas e implementadas as sucessivas versões do aplicativo, bem como elaborados três artigos científicos decorrentes do processo.

Quadro 1. Síntese dos encontros realizados no processo de construção do aplicativo GeoRondo

Encontro	Data	Síntese das principais ações realizadas
1º	11/05/2020	Apresentação entre os sujeitos e designação das atribuições; envio de versão preliminar do aplicativo com as primeiras projeções em Realidade Aumentada.
2º	21/05/2020	Discussão sobre incompatibilidades de dispositivos móveis; FPC apresenta projeção da pirâmide e animação do telhado de uma casa de alvenaria.
3º	19/06/2020	Elaboração de questões (casa de alvenaria) para a XX Semana de Matemática (SEMAT) da UNIR.
4º	27/07/2020	FPC implementa no aplicativo as questões elaboradas por PM; discussão sobre a avaliação da resolução do estudante.
5º	14/08/2020	Finalização do primeiro artigo (XX SEMAT); definição do uso de fotografias das resoluções dos estudantes.
6º	20/10/2020	Discussão sobre as limitações do teclado do dispositivo móvel para a linguagem matemática.
7º	07/12/2020	Verificação dos aprimoramentos solicitados; contextualização das imagens pelo PM.
8º	09/03/2021	Início da elaboração do segundo artigo; escolha do nome do aplicativo: GeoRondo.
9º	12/04/2021	Ajustes finais do segundo artigo, submetido à Editora da UNIR (EDUFRO).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

10º	17/06/2021	Identificação da tensão relativa ao menu do aplicativo; proposta de uso do componente *recycler view*.
11º	14/09/2021	Entrega da versão final do aplicativo GeoRondo, com ligações (*links*) e *recycler view*.

Fonte: elaborado pelos autores, a partir dos encontros realizados pelos sujeitos da pesquisa.

Os cinco princípios da terceira geração da TSA

A Teoria de Sistemas de Atividade, em sua terceira geração, foi ampliada por Engeström em cinco princípios (DANIELS, 2003): (1) o sistema de atividade em rede, que considera o SA de construção do aplicativo em relação com outros sistemas de atividade concomitantes, como as atividades do mestrado e da graduação em Computação; (2) a multivocalidade, evidenciada pela articulação entre as linguagens matemática, computacional e educacional nos diálogos entre os sujeitos; (3) a historicidade, marcada pelo contexto da pandemia de covid-19 (2020-2022), período em que os dispositivos móveis ganharam destaque no âmbito escolar; (4) as tensões e contradições como fontes de mudança e desenvolvimento, observadas, por exemplo, nas limitações do teclado dos *smartphones* para a resolução de questões matemáticas e na necessidade de reorganização do *design* do menu do aplicativo; e (5) as transformações expansivas nos sistemas de atividade, utilizadas como ferramenta de análise dos dados desta pesquisa.

Constituição do *corpus* e procedimentos de análise

O *corpus* da pesquisa foi constituído por: a) as gravações em vídeo dos 11 encontros síncronos realizados via *Google Meet* (Quadro 1), das quais foram transcritos os trechos de diálogo relativos às decisões sobre o aplicativo; b) as versões sucessivas do aplicativo, distribuídas aos sujeitos em arquivos de instalação para *Android* (formato *apk*), e as respectivas capturas de tela; c) os três artigos científicos elaborados no período (MENDES; GAIÃO; JACON, 2020, 2021; MENDES *et al.*, 2021); e d) o registro do programa de computador no INPI (INPI, 2022). As mensagens trocadas por *WhatsApp* serviram apenas ao envio de arquivos e de versões do aplicativo e não foram registradas nem analisadas (MENDES, 2022).

A análise percorreu três etapas. Na primeira, as gravações foram revisitadas em ordem cronológica para identificar episódios, entendidos como sequências de diálogo delimitadas por um problema discutido pelos sujeitos e pela decisão tomada a seu respeito. Na segunda, cada episódio foi caracterizado como tensão quando os registros evidenciavam impasse, insatisfação ou divergência explícita entre os sujeitos quanto a um elemento do aplicativo, e como expressão de uma contradição quando esse impasse podia ser atribuído à colisão entre elementos do sistema de atividade — por exemplo, entre um novo artefato e as regras ou a divisão do trabalho

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

vigentes (DANIELS, 2003, p. 124). Na terceira, os movimentos de internalização foram identificados nas ações de apropriação, por um sujeito, de conhecimentos ou ferramentas provenientes da outra área, e os de externalização, na produção de novos artefatos culturais: versões do aplicativo, artigos e registro do *software* (ENGESTRÖM, 1999).

Com base na formulação de Engeström segundo a qual os ciclos expansivos se compõem de ciclos menores, observáveis em diferentes escalas, Nery (2014) distingue macrociclo, mediociclos e microciclos, terminologia adotada neste artigo. Denomina-se mediociclo expansivo um conjunto de ações, distribuído ao longo de vários encontros, orientado a um objeto parcial da atividade e que culmina na externalização de um artefato próprio — a versão reorganizada do aplicativo, um artigo publicado ou o registro do *software*. Os três mediociclos descritos na seção seguinte foram delimitados segundo esse critério, e o Quadro 2 explicita, para os episódios representativos, a relação entre dado empírico, tensão ou contradição, mediação, transformação e categoria teórica.

Aspectos éticos

Os participantes da pesquisa foram o próprio pesquisador (PM), a orientadora (PPG), coautora deste artigo, e o acadêmico de Computação (FPC), coautor dos três artigos produzidos no período. Os encontros foram gravados com o conhecimento de todos os participantes, e o FPC autorizou a divulgação dos diálogos reproduzidos neste artigo; os sujeitos são identificados apenas pelas siglas PM, FPC e PPG. A pesquisa não envolveu estudantes da Educação Básica nem a coleta de dados junto a usuários finais do aplicativo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mediociclos expansivos do processo de construção do aplicativo

A ferramenta de análise do quinto princípio de Engeström (1999) permite compreender se houve, no processo investigado, uma jornada pela zona de desenvolvimento proximal da atividade. Uma transformação expansiva ocorre quando o objeto e o motivo da atividade são reconceituados para abarcar um horizonte mais amplo de possibilidades, podendo ser compreendida como uma jornada coletiva pela zona de desenvolvimento proximal (ENGESTRÖM, 1999; DANIELS, 2003, p. 125). O ciclo de expansão processa-se por meio dos movimentos de internalização e externalização no Sistema de Atividade.

No processo analisado, segundo os critérios descritos na metodologia, foram identificados três mediociclos expansivos de menor escala potencialmente transformadores: a)

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

o mediociclo de participação nos encontros; b) o mediociclo de elaboração de artigos científicos; e c) o mediociclo de finalização da construção da interface e registro do aplicativo desenvolvido.

O mediociclo de participação nos encontros caracterizou-se como atividade colaborativa entre sujeitos de áreas de conhecimento distintas — Educação Matemática e Computação —, o que exigiu apropriação reflexiva das ferramentas culturais existentes para a solução das contradições internas (DANIELS, 2003). Ao longo de 11 (onze) encontros síncronos, realizados entre 11 de maio de 2020 e 14 de setembro de 2021 (Quadro 1), o *design* da interface do aplicativo sofreu sucessivas modificações, concomitantemente à elaboração de três publicações científicas. Os registros mostram um deslocamento no foco das ações. Nos primeiros encontros, predominaram ações de internalização: a instalação e o teste do aplicativo, que só pôde ser executado pelo professor de Matemática em agosto de 2020, após a aquisição de um aparelho compatível com a plataforma de RA *ARCore*; a compreensão, por PM e PPG, dos requisitos técnicos da RA; e a compreensão, por FPC, das demandas pedagógicas do professor. A partir do quinto encontro, predominaram ações de externalização: a submissão do primeiro artigo, a entrega de versões com novos sólidos, questionários e características visuais dos objetos (arestas, vértices) e, por fim, a versão final do aplicativo (Quadro 1).

O mediociclo de elaboração de artigos científicos evidenciou a externalização decorrente do processo colaborativo de construção do aplicativo. Ao longo da pesquisa, foram publicados três artigos científicos: o primeiro, apresentado na XX Semana de Matemática (SEMAT) da UNIR, em 2020, sob o título "Dispositivos móveis e o ensino de Geometria: emprego da realidade aumentada na visualização dos objetos espaciais da construção civil" (MENDES; GAIÃO; JACON, 2020); o segundo, publicado pela Editora da Universidade Federal de Rondônia (EDUFRO), sob o título "Aprendizagem móvel e o ensino de Geometria: uma proposta utilizando realidade aumentada" (MENDES; GAIÃO; JACON, 2021); e o terceiro, publicado pela Editora Atena, sob o título "Dispositivos móveis e ensino híbrido: uma proposta transversal da matemática com a história de Rondônia" (MENDES *et al.*, 2021), no qual se discutiu o emprego do Ensino Híbrido e o uso do aplicativo GeoRondo para a visualização de monumentos históricos de Rondônia.

O mediociclo de finalização da construção da interface e registro do aplicativo resultou na materialização do artefato, ou seja, na externalização decorrente da participação nos encontros. Segundo Daniels (2003), as ferramentas tecnológicas expandem a inteligência, não a transferem, e os aprendizes são projetistas de ferramentas. Ao final do desenvolvimento, o *software* foi registrado junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), sob o processo

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

nº BR 51 2022 001218-9 (INPI, 2022), registro de programa de computador que resguarda a autoria do aplicativo GeoRondo.

GeoRondo e mobilidade: contextualização com a construção civil

A mobilidade proporcionada pelos dispositivos móveis, conforme Jacon (2014), não está centrada nos aparelhos em si, mas nas apropriações criativas realizadas pelos aprendizes que interagem com/por meio deles. O aplicativo GeoRondo articula os recursos da Realidade Aumentada aos conceitos da Geometria Espacial, contemplando exercícios contextualizados a partir de situações presentes na construção civil e em monumentos históricos do Estado de Rondônia. Entre os sólidos contextualizados, destaca-se o cilindro, associado a caixas d'água e reservatórios (Figura 2), permitindo ao estudante relacionar elementos como geratriz, base, eixo, raio e altura com objetos concretos de seu cotidiano.

Figura 2. Projeção em Realidade Aumentada de um cilindro sobre reservatório de água



Fonte: os autores.

Um dos exemplos de contextualização histórica do aplicativo é a projeção em Realidade Aumentada das "Três Marias" (Figura 3), monumento composto por três caixas d'água inauguradas em 1912, responsáveis pelo abastecimento de Porto Velho/RO até meados do século XX, contextualização que fundamentou o terceiro artigo produzido no âmbito desta pesquisa (MENDES *et al.*, 2021). Segundo Lemos (2009), a mobilidade informacional ocorre pela interface entre o espaço físico e o espaço eletrônico, constituindo o denominado território

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

informacional; ao unir o mundo real (objetos da construção civil) e a Realidade Aumentada (projeção de sólidos geométricos), o aplicativo GeoRondo pode constituir esse território informacional no ensino e na aprendizagem da Geometria Espacial.

Figura 3. Projeção em Realidade Aumentada de um cilindro sobre uma das caixas d'água do monumento Três Marias, em Porto Velho/RO



Fonte: os autores.

Tensões, contradições e a reorganização do *design* da interface

O quarto princípio da TSA, referente às tensões e contradições como fontes de mudança e desenvolvimento (DANIELS, 2003), foi observado em diferentes momentos do processo. Um primeiro episódio ocorreu entre o quarto e o sexto encontros. Ao serem apresentadas as questões sobre a casa de alvenaria já implementadas no aplicativo, com alternativas de múltipla escolha, discutiu-se se o aplicativo verificaria apenas a resposta final. O professor de Matemática defendeu que a avaliação considerasse o caminho de resolução do estudante, e o acadêmico de Computação propôs uma estatística automática de acertos e erros:

> PM – As alternativas.... vai verificar se o aluno acertou o resultado final?
> PPG – Só o resultado final.
> PM – A minha preocupação é sobre a resolução... um ponto muito importante é análise do caminho que o aluno usou .... primeiro calculou a área, depois qual [foi] o caminho para calcular quantas telhas....
> PPG – Mas como faz isto no celular?
> FPC – Posso fazer também uma estatística de acertos e erros do aluno. No final das respostas... pro professor [a ser enviado ao professor].
> (Diálogo entre os sujeitos da pesquisa, 27 jul. 2020).

A tensão expressa a colisão entre uma regra do sistema de atividade — o uso da simbologia matemática para expressar a resolução — e o artefato dispositivo móvel, cujo teclado dificulta a escrita de fórmulas e símbolos. No quinto encontro, a proposta do professor de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Matemática, mediada pela orientadora, conduziu a uma solução que redistribuiu as funções entre o papel e o aplicativo:

> PM – Não dá pro aluno bater uma foto da resposta [no caderno] e enviar pro professor?
> PPG – De cada questão? Vai encher o e-mail [caixa postal] do professor....
> PM – Não! Ele cria um arquivo, coloca todas as fotos lá e envia pro professor.
> [...]
> FPC – Vai mudar o aplicativo? [meio contrariado]
> PPG – Acaba com esta parte estatística... não tem mais jeito [para fazer] [...] Vamos fazer assim.... o aluno faz um download do questionário. Um texto [no formato] *word*. E depois ele envia o formulário respondido [com fotos] pro professor.
> (Diálogo entre os sujeitos da pesquisa, 14 ago. 2020).

Assim, definiu-se que os estudantes registrariam a resolução no caderno, fotografariam cada resposta e a anexariam a um formulário digital, preservando a expressão do raciocínio lógico-matemático sem a interferência da interface tecnológica. No sexto encontro, a alternativa de instalar teclados com símbolos matemáticos, sugerida pelo acadêmico de Computação, foi descartada pela orientadora em razão da complexidade que imporia aos estudantes (Quadro 1). O episódio evidencia uma internalização mútua — o acadêmico de Computação incorporou um critério pedagógico de avaliação, e o professor de Matemática, os limites técnicos do dispositivo — e resultou na reconceituação de parte do objeto: o aplicativo deixou de ser concebido como instrumento de correção automática de respostas.

Outra tensão emergiu da organização do menu inicial do aplicativo, estruturado de forma linear — à semelhança do sumário do livro didático adotado como referencial teórico (DOLCE; POMPEO, 2010). À medida que novos sólidos eram incluídos, também eram acrescentados ao menu os conceitos elementares correspondentes (paralelismo, perpendicularidade, diedros, triedros), o que resultou em uma interface sobrecarregada de informações, que exigia rolagem constante para o acesso aos objetos geométricos (Figura 4a). A insatisfação foi verbalizada no nono encontro, durante a revisão do segundo artigo, e retomada no décimo:

> PPG – A Figura 3 do artigo [em elaboração] mostra este menu “confuso” ..... tudo misturado! [...]
> PM – Estou fazendo. Concordo que precisa pensar melhor.... o menu tá comprido!
> PPG – Comprido e confuso!
> (Diálogo entre os sujeitos da pesquisa, 12 abr. 2021).

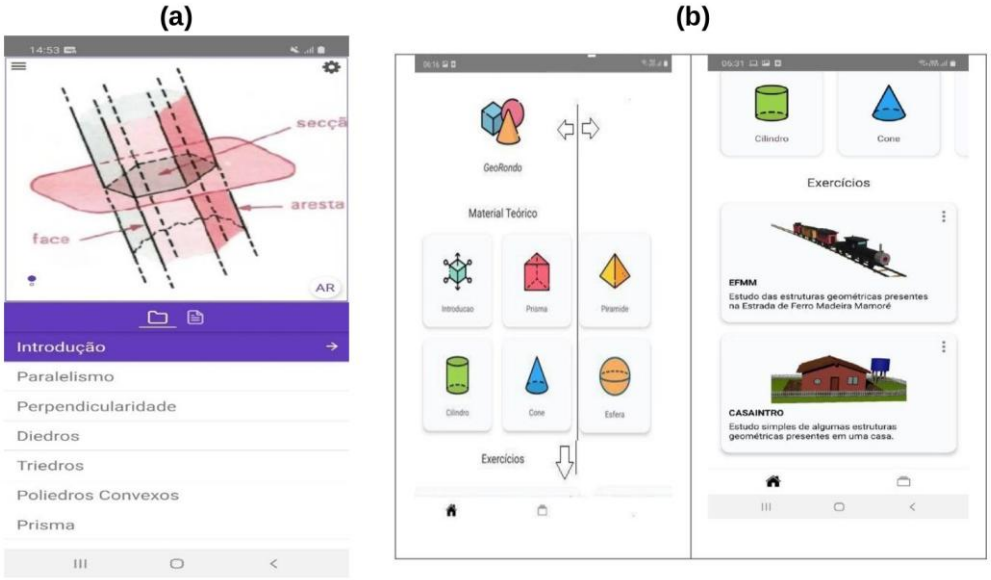
> PM – Professora ... na hora que uso a câmera [para ancorar o objeto no mundo real], preciso ficar “rolando” até encontrar o objeto...
> PPG – A tela inicial do aplicativo está muito cheia de informação... tá poluída.
> PM – Se tá cansativo pra gente .... imagina para o aluno!
> [...]

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

> FPC – E se usar *recycler view*? ...
> PPG – Vamos tentar sim [*recycler view*]. Mas vamos separar, como o Hemerson sugeriu. [...] Vamos deixar só os objetos [geométricos] e deixar um [*recycler view*] pra introdução.
> PM – O que é isto? [*recycler view*]
> FPC – pera aí.... já te mostro..
> (Diálogo entre os sujeitos da pesquisa, 17 jun. 2021).

A contradição situa-se entre uma regra herdada da mídia impressa — a organização sequencial do conteúdo, própria do livro — e a exigência da interação com RA, que requer acesso rápido ao objeto para ancorá-lo no ambiente real. A mediação ocorreu pelo cruzamento de saberes: o professor de Matemática reorganizou a introdução em conceitos básicos, axiomas e postulados e conceitos elementares, e o acadêmico de Computação propôs o componente visual *recycler view*, que o professor desconhecia e que foi demonstrado no próprio encontro, por meio da câmera do computador — um movimento de internalização. A versão final, entregue no décimo primeiro encontro, separou os sólidos geométricos dos conteúdos introdutórios e incorporou ligações (*links*) entre o texto teórico de cada sólido e os conceitos elementares (Figura 4b), possibilitando uma disposição não linear das informações, tal como ocorre na navegação hipertextual (JACOB, 1998).

Figura 4. Tela inicial do GeoRondo com menu linear (a) e após a reorganização com o componente *recycler view* (b)



Fonte: Mendes (2022).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Esse processo de reorganização ilustra a noção de moldagem recíproca, segundo a qual os *feedbacks* oferecidos por uma determinada mídia influenciam o raciocínio de quem interage com ela e, reciprocamente, os seres humanos também moldam a mídia à medida que a utilizam (BORBA, 1999). Souto e Borba (2016) demonstram, em estudo sobre a formação de professores mediada pela *internet*, que esse processo pode ser observado quando as ações dos sujeitos são moldadas pelos *feedbacks* oferecidos por um determinado *software*, ao mesmo tempo em que os sujeitos reorganizam o uso dessa mídia de acordo com suas necessidades. Especificamente sobre a reorganização da interface do próprio aplicativo GeoRondo, Mendes, Mello e Jacon (2023) discutem, em artigo dedicado ao tema, como a mudança do menu linear para o componente *recycler view* exemplifica a moldagem recíproca entre os sujeitos e o *software* em desenvolvimento: a forma final de interação com a interface diferiu da concepção inicial do projeto, evidenciando que um *software* pode ser usado de modo distinto daquele originalmente pensado por sua equipe de desenvolvimento, o que reorganiza, por sua vez, o processo de produção do conhecimento matemático mediado pelo aplicativo.

O Quadro 2 sintetiza os episódios analisados, explicitando o percurso entre o dado empírico e a categoria teórica.

Quadro 2. Síntese analítica dos episódios de tensão no processo de construção do aplicativo GeoRondo

Episódio	**Dado empírico**	**Tensão/contradição**	**Mediação e transformação**	**Relação com a categoria teórica**
Instalação e execução do aplicativo (1º ao 5º encontros)	Erro de execução do arquivo *apk* em *iPhone* 8 e *Xiaomi Redmi Note* 9; execução somente após aquisição de aparelho compatível com o *ARCore* (ago. 2020)	Artefato (dispositivo) × objeto (aplicativo com RA): requisitos técnicos restringem quem pode usar o aplicativo	Consulta à lista de aparelhos compatíveis; exibição das telas pelo *Google Meet*; troca de aparelho	Historicidade e rede de sistemas de atividade; internalização de requisitos técnicos da RA por PM e PPG
Avaliação da resolução (4º ao 6º encontros)	Diálogos de 27 jul. e 14 ago. 2020; teclado com símbolos matemáticos recusado em 20 out. 2020	Regra (simbologia matemática) × artefato (teclado do *smartphone*)	Registro fotográfico da resolução no caderno anexado a formulário; abandono da estatística automática de acertos	Quarto princípio (tensões e contradições); internalização mútua; externalização em nova versão e no primeiro artigo
Reorganização do menu (9º ao 11º encontros)	Diálogos de 12 abr. e 17 jun. 2021; telas antes e depois (Figura 4)	Regra herdada do livro (organização linear) × exigência da interação com	Introdução reagrupada por PM; *recycler view* e *links* propostos por FPC;	Moldagem recíproca (*Seres-Humanos-Com-Mídias*);

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

		RA (acesso rápido ao objeto)	versão final em 14 set. 2021	externalização no mediociclo de finalização do *software*

Fonte: elaborado pelos autores, a partir dos registros dos encontros e de Mendes (2022).

Cabe delimitar o alcance desses resultados em três planos. No plano do desenvolvimento do *software*, os dados documentam a produção de sucessivas versões e a conclusão formal do produto, atestada pelo registro no INPI, que comprova a autoria, mas não constitui evidência de eficácia pedagógica. No plano da transformação do sistema de atividade, os episódios analisados mostram reorganizações do objeto, das regras e da divisão do trabalho, bem como a produção de artigos científicos, que são resultados acadêmicos do sistema de atividade e não demonstram, por si, melhoria da aprendizagem. O plano do impacto educacional não foi objeto desta pesquisa: o aplicativo não foi utilizado com estudantes ou professores em situação de ensino, de modo que suas contribuições para a aprendizagem da Geometria Espacial permanecem como potencialidade a ser investigada.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sociedade segue em constante evolução, e as formas de acesso e produção do conhecimento acompanham essas mudanças. Nesse cenário, cabe ao professor assumir o papel de mediador, e não de mero transmissor de informações, articulando-se com a realidade que se faz presente na vida do estudante. O presente artigo apresentou um recorte de pesquisa de mestrado acadêmico em Educação Matemática, defendida no Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PPGEM) da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), campus de Ji-Paraná/RO, que teve como objetivo analisar, à luz da Teoria de Sistemas de Atividade (TSA) e do constructo *Seres-Humanos-Com-Mídias*, o processo de construção de um aplicativo móvel para o ensino de Geometria Espacial com emprego da Realidade Aumentada.

A Teoria de Sistemas de Atividade contribuiu para a organização e a sistematização da análise por meio dos sujeitos, artefatos, regras, comunidade e divisão do trabalho envolvidos no processo, evidenciando que a atividade se realiza quando o objetivo de uma determinada ação coincide com o motivo da atividade. A ferramenta analítica do ciclo de desenvolvimento expansivo, quinto princípio da TSA, permitiu identificar três mediociclos expansivos vivenciados pelos sujeitos da pesquisa: a participação nos encontros, a elaboração de artigos científicos e a finalização e registro do aplicativo.

Os objetivos específicos foram contemplados ao longo do artigo: o levantamento sobre o ensino de Geometria Espacial no Brasil evidenciou dificuldades históricas e atuais, associadas,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

entre outros fatores, à visualização dos objetos geométricos; a investigação sobre o emprego de dispositivos móveis na Educação Matemática destacou o potencial da mobilidade e da Realidade Aumentada para a visualização tridimensional, apontado pela literatura; e a descrição do Sistema de Atividade evidenciou a parceria entre os sujeitos envolvidos, mediada pela orientadora da pesquisa, ao longo de onze encontros síncronos.

O aplicativo resultante, denominado GeoRondo, obteve registro de programa de computador junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), sob o processo nº BR 51 2022 001218-9, e foi concebido para articular teoria e prática por meio da contextualização de figuras geométricas presentes em construções civis e em monumentos históricos de Rondônia, distanciando-se de abordagens centradas exclusivamente na oralidade e na escrita; seus efeitos sobre a aprendizagem, contudo, ainda precisam ser avaliados empiricamente.

Sob a perspectiva do constructo *Seres-Humanos-Com-Mídias*, evidenciou-se a noção de moldagem recíproca (BORBA, 1999; SOUTO; BORBA, 2016; MENDES; MELLO; JACON, 2023), segundo a qual os *feedbacks* de uma determinada mídia influenciam o raciocínio de quem interage com ela, ao mesmo tempo em que os seres humanos moldam a mídia à medida que a utilizam. A reorganização do *design* da interface do aplicativo GeoRondo, ao longo dos encontros analisados, exemplifica esse processo dialético, decorrente das tensões vivenciadas no percurso da pesquisa.

Conclui-se que o processo colaborativo entre sujeitos da Educação Matemática e da Computação promoveu reorganizações sucessivas no desenvolvimento do aplicativo, decorrentes de tensões que puderam ser interpretadas por meio da Teoria de Sistemas de Atividade, e que a construção de um aplicativo educacional não pode prescindir da articulação entre questões epistemológicas e pedagógicas. A Teoria de Sistemas de Atividade e o constructo *Seres-Humanos-Com-Mídias* mostraram-se aportes teóricos profícuos para a compreensão desse processo.

O estudo apresenta limitações. Trata-se de pesquisa circunscrita a três participantes e a um processo de desenvolvimento situado, realizado de forma remota durante a pandemia de covid-19 e dependente das condições tecnológicas do período — em especial, da compatibilidade dos dispositivos com a plataforma de RA utilizada e de bibliotecas de programação sujeitas a rápida obsolescência. O aplicativo não foi avaliado com usuários finais, e a natureza qualitativa da investigação não permite generalização estatística. Como desdobramentos, sugerem-se estudos com professores e estudantes utilizando o GeoRondo em situações de ensino, que examinem a aprendizagem, a visualização espacial, a usabilidade e a

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

acessibilidade do aplicativo, bem como as condições de acesso a dispositivos compatíveis nas escolas públicas e a atualização tecnológica do aplicativo após 2021.

Espera-se que os resultados aqui apresentados possam contribuir para reflexões sobre novas práticas metodológicas em Educação Matemática, bem como para o avanço de pesquisas sobre o emprego pedagógico de dispositivos móveis e da Realidade Aumentada no ensino de Geometria Espacial.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. A. R. de; LIMA, F. T. de A.; BORGES, M. M. Tectônicas digitais: a (in)tangibilidade no processo de projeto em arquitetura. **Design e Tecnologia**, v. 9, n. 18, p. 1-21, 2019.

AQUINO, J. C. F. de. **Educação Infantil e tecnologias digitais**: estudo de caso na rede pública de ensino. 2021. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2021.

BARBOSA, P. M. **O estudo da Geometria**. Rio de Janeiro: IBC, 2003.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1994.

BORBA, M. C. Tecnologias informáticas na educação matemática e reorganização do pensamento. In: BICUDO, M. A. V. (org.). **Pesquisa em educação matemática**: concepções e perspectivas. São Paulo: Editora UNESP, 1999. p. 285-295.

BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. E. **Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking**: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization. New York: Springer, 2005.

BRAGA, K. R.; NUNES, J. M. V. Realidade aumentada e o cálculo de medida de área no ensino superior. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, v. 9, n. 1, e21004, jan./abr. 2021. DOI: 10.26571/reamec.v9i1.11273.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2017.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Nota sobre o Brasil no PISA 2022**. Brasília, DF: Inep, 2023. Disponível em: https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2022/pisa_2022_brazil_prt.pdf. Acesso em: 23 set. 2026.

CHANG, H.-Y. *et al.* Ten years of augmented reality in education: a meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. **Computers & Education**, v. 191, 104641, 2022. DOI: 10.1016/j.compedu.2022.104641.

CLEOPHAS, M. G.; CAVALCANTI, E. L. D.; SOUZA, F. N.; LEÃO, M. B. C. M-learning e suas múltiplas facetas no contexto educacional: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 4, p. 189-191, 2015.

COSTA, A. P. da. A Geometria na Educação Básica: um panorama sobre seu ensino no Brasil. **Revista Educação Matemática em Foco**, v. 9, n. 1, p. 128-152, jan./abr. 2020.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

DANIELS, H. **Vygotsky e a pedagogia**. São Paulo: Loyola, 2003.

DOLCE, O.; POMPEO, J. N. **Fundamentos de Matemática Elementar**: Geometria Espacial, posição e métrica. 5. ed. São Paulo: Atual, 2010. v. 10.

ENGELBRECHT, J.; LLINARES, S.; BORBA, M. C. Transformation of the mathematics classroom with the internet. **ZDM Mathematics Education**, v. 52, n. 5, p. 825-841, 2020. DOI: 10.1007/s11858-020-01176-4.

ENGESTRÖM, Y. **Learning by expanding**: an activity-theoretical approach to developmental research. Helsinki: Orienta-Konsultit, 1987.

ENGESTRÖM, Y. Activity theory and individual and social transformation. In: ENGESTRÖM, Y.; MIETTINEN, R.; PUNAMÄKI, R.-L. (ed.). **Perspectives on activity theory**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 19-38.

FORTE, C. E. **Software educacional potencializado com Realidade Aumentada para uso em Física e Matemática**. 2009. 200 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2009.

GARCIA, C. L.; ORTEGA, C. A. C.; ZEDNIK, H. Realidades virtual e aumentada: estratégias de metodologias ativas nas aulas sobre meio ambiente. **Informática na Educação**: teoria & prática, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 46-59, jan./abr. 2017.

GARZÓN, J.; ACEVEDO, J. Meta-analysis of the impact of augmented reality on students' learning gains. **Educational Research Review**, v. 27, p. 244-260, 2019. DOI: 10.1016/j.edurev.2019.04.001.

GIANCATERINO, R. **Matemática em rituais**. Rio de Janeiro: Wak, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). **GeoRondo**: registro de programa de computador. Processo nº BR 51 2022 001218-9. Depositante: Hemerson Milani Mendes. Rio de Janeiro: INPI, 2022. Disponível em: https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/programas/ProgramaSearchBasico.jsp. Acesso em: 14 set. 2026.

JACOB, L. J. **Emprego de recursos de hipermídia no processo de ensino aprendizagem**: um estudo com capacitação de professores. 1998. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 1998.

JACON, L. da S. C. **Dispositivos móveis no Ensino de Química**: o professor formador, o profissional de informática e os diálogos possíveis. 2014. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC), Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

JACON, L. da S. C.; OLIVEIRA, A. C. G. de; MARTINES, E. A. L. de M.; MELLO, I. C. de. Os formadores de professores e o desafio em potencializar o ensino de conhecimentos químicos com a incorporação dos dispositivos móveis. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, p. 77-89, 2014.

LEMOS, A. Cultura da mobilidade. **Revista FAMECOS**, Porto Alegre, n. 40, p. 28-35, dez. 2009.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

LEONTIEV, A. N. Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil. In: VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone, 2001. p. 59-83.

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência**: o futuro do pensamento na era da informática. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.

LORENZATO, S. Por que não ensinar Geometria? **Educação Matemática em Revista**, SBEM, ano 3, ed. especial, 1995.

MENDES, H. M. **O processo de construção de um aplicativo móvel para o ensino de Geometria Espacial**. 2022. 83 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2022. Disponível em: https://ri.unir.br/jspui/handle/123456789/3960. Acesso em: 23 set. 2026.

MENDES, H. M.; GAIÃO, E. V.; JACON, L. da S. C. Dispositivos móveis e o ensino de Geometria: emprego da realidade aumentada na visualização dos objetos espaciais da construção civil. In: SEMANA DE MATEMÁTICA, 20., 2020, Ji-Paraná. **Anais** [...]. Ji-Paraná: UNIR, 2020. p. 176-188.

MENDES, H. M.; GAIÃO, E. V.; JACON, L. da S. C. Aprendizagem móvel e o ensino de Geometria: uma proposta utilizando realidade aumentada. In: REIS, E. da S. (org.). **Pesquisas em Educação Matemática**. Porto Velho: EDUFRO, 2021. cap. 15, p. 329-349. DOI: 10.47209/978-65-87539-53-9.p.329-349.

MENDES, H. M.; GAIÃO, E. V.; REIS, H. C. A.; JACON, L. da S. C. Dispositivos móveis e ensino híbrido: uma proposta transversal da matemática com a história de Rondônia. In: SCATAMBURLO, D. S. B.; REIS, E. da S. (org.). **Educação Matemática**: olhares e reflexões. Ponta Grossa: Atena, 2021. cap. 3, p. 23-35. DOI: 10.22533/at.ed.9002104083.

MENDES, H. M.; MELLO, I. C. de; JACON, L. da S. C. Moldagem recíproca: a reorganização de um aplicativo para o ensino de Geometria. **Revista Prática Docente**, v. 8, n. 1, e23037, 2023. DOI: 10.23926/RPD.2023.v8.n1.e23037.id1724.

MÜLLER, C. C. **EAD nas organizações**. Curitiba: IESDE, 2012.

NERY, B. K. **O ciclo de desenvolvimento do professor e o sistema de atividade aprendizagem on-line em um curso de Especialização em Ensino de Ciências**. 2014. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

PAVANELLO, R. M. **O abandono do ensino de geometria**: uma visão histórica. 1989. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

PAVANELLO, R. M. O abandono do ensino da Geometria no Brasil: causas e consequências. **Zetetiké**, Campinas, ano 1, n. 1, p. 7-17, mar. 1993.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **A representação do espaço na criança**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1981.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

RESENDE, B.; MÜLLER, T. J. Mobile-learning: aprendizagem matemática por meio de realidade aumentada. **Tear**: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia, Canoas, v. 7, n. 2, 2018.

RIBEIRO, L. O. M.; GUTERRES, L. X.; SILVEIRA, D. N. O uso da realidade aumentada com dispositivos móveis na educação matemática como potência na geometria espacial. **Revista Multidisciplinar Plurais**, Salvador, v. 5, n. 2, p. 40-57, maio/ago. 2020.

SACCOL, A. Z.; SCHLEMMER, E.; BARBOSA, J.; HAHN, R. **M-learning e u-learning**: novas perspectivas da aprendizagem móvel e ubíqua. São Paulo: Pearson Education, 2010.

SCHNEIDER, E. L. *et al.* Uso da realidade aumentada como ferramenta auxiliar ao vídeo educacional no ensino presencial e a distância. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 9, n. 1, jul. 2011.

SOUTO, D. L. P.; BORBA, M. C. Seres humanos com internet ou internet com seres humanos: uma troca de papéis? **Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa**, v. 19, n. 2, p. 219-244, 2016.

TIKHOMIROV, O. K. The psychological consequences of computerization. In: WERTSCH, J. V. (ed.). **The concept of activity in Soviet psychology**. Armonk: M. E. Sharpe, 1981. p. 256-278.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.