

Desenvolvendo habilidades espaciais: a contribuição de um projeto extensionista com a caixa de areia de realidade aumentada em Tocantinópolis -TO

Developing Spatial Skills: The Contribution of an Extension Project with the Augmented Reality Sandbox in Tocantinópolis, Brazil

Jéferson Muniz Alves Gracioli

Universidade Federal do Norte do Tocantins - UFNT

jeferson.gracioli@ufnt.edu.br

Jayne Martins do Nascimento Duarte

Universidade Federal do Norte do Tocantins - UFNT

jayne.martins@mail.uft.edu.br

Resumo

Esta pesquisa investiga a aplicação da realidade aumentada no ensino de Geografia, utilizando a Caixa de Areia de Realidade Aumentada, desenvolvida com o *software* livre *Sarndbox* e implementada no Centro de Educação, Humanidades e Saúde (CEHS) da Universidade Federal do Norte do Tocantins em Tocantinópolis-TO. O estudo, de natureza qualitativa, exploratória e descritiva, analisa as potencialidades dessa ferramenta como interface pedagógica inovadora, ainda pouco explorada na área. Os resultados demonstram que a caixa aprimorou a prática docente ao permitir a criação e manipulação de modelos topográficos tridimensionais, facilitando a compreensão de relevo, dinâmicas hidrológicas e processos geomorfológicos. Além de simular fenômenos ambientais, a ferramenta estimulou a reflexão geográfica crítica, auxiliando na análise de escalas, relações espaciais e interações homem-natureza. Sua aplicação mostrou-se particularmente eficaz no ensino de cartografia, geomorfologia e impactos ambientais, suprindo lacunas na formação docente e na infraestrutura escolar. Conclui-se que a caixa de areia é um recurso pedagógico alinhado às demandas contemporâneas de inovação educacional, transcendendo a visualização passiva ao integrar teoria e realidade espacial. Seu uso contribui não apenas para a aprendizagem significativa, mas também para a produção de conhecimento geográfico, destacando-se como uma possibilidade de envolver conteúdos geográficos de forma inovadora na educação.

Palavras-chave: Projeto de Extensão, Caixa de areia de Realidade Aumentada, Análise Espacial, Formação de professores.

Abstract

This research investigates the application of augmented reality in Geography education, using the Augmented Reality Sandbox developed with the open-source software *Sarndbox* and implemented at the Center for Education, Humanities, and Health (CEHS) of the Federal University of Northern

Tocantins in Tocantinópolis, Brazil. This qualitative, exploratory, and descriptive study analyzes the potential of this tool as an innovative pedagogical interface, which remains underexplored in the field. The results show that the sandbox enhanced teaching practices by enabling the creation and manipulation of three-dimensional topographic models, facilitating the understanding of landforms, hydrological dynamics, and geomorphological processes. In addition to simulating environmental phenomena, the tool encouraged critical geographical reflection, supporting the analysis of scale, spatial relationships, and human-environment interactions. Its application proved particularly effective in teaching cartography, geomorphology, and environmental impacts, addressing gaps in teacher training and school infrastructure. The study concludes that the sandbox is a pedagogical resource aligned with contemporary demands for educational innovation, moving beyond passive visualization by integrating theory and spatial reality. Its use contributes not only to meaningful learning but also to the production of geographical knowledge, standing out as a promising way to engage with geographic content in an innovative manner within education.

Keywords: Extension Project, Augmented Reality Sandbox, Spatial Analysis, Teacher Training.

Introdução

O ensino de Geografia no século XXI enfrenta o duplo desafio de incorporar as inovações tecnológicas enquanto mantém o rigor do pensamento geográfico tradicional. Nas últimas décadas, observa-se um crescimento significativo no uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) nas salas de aula, porém com uma adoção ainda fragmentada e pouco crítica. Especificamente no caso da caixa de areia de realidade aumentada, identificamos uma lacuna preocupante entre seu potencial pedagógico e sua efetiva aplicação no ensino de Geografia

Com o avanço dos conceitos e técnicas principalmente ligados à área da informática, o ensino nas escolas e Universidades tem destinado ao professor um papel impulsionador no desenvolvimento de ações formativas inovadoras. Contudo, comprehende-se que o domínio das técnicas, habilidades e conteúdos são essenciais quando há uma articulação com outras estratégias e agentes educacionais, tais como o apoio colaborativo da comunidade escolar, as mudanças na estrutura curricular e a promoção de políticas públicas relacionadas a temática.

Uma revisão sistemática da literatura dos últimos cinco anos (2019-2024) revela que a pesquisa sobre tecnologias imersivas na educação geográfica ainda é incipiente. Trabalhos como os de Kluge (2019) e Hidalgo et al. (2022) demonstram o potencial da Caixa de areia de realidade aumentada para modelagem geomorfológica, mas poucos estudos, como o de Pedrosa et al. (2021) no contexto brasileiro, avançam na análise de seu valor pedagógico para o ensino de conceitos geográficos complexos. Esta lacuna foi confirmada pelo mapeamento realizado na ferramenta de busca Google Acadêmico, mostrando que, menos de

10% dos artigos sobre realidade aumentada na educação abordam especificamente a Geografia, com predominância de estudos teóricos ou aplicações em STEM (Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática). Essa lacuna é ainda mais evidente em pesquisas voltadas para realidades educacionais locais, como escolas públicas ou comunidades com acesso limitado a tecnologias imersivas.

Neste contexto, nosso estudo busca responder a três problemáticas centrais: Como a caixa de areia pode contribuir para o desenvolvimento do raciocínio geográfico além da simples visualização espacial? Quais são os desafios práticos para sua integração efetiva no ensino de Geografia? Que abordagens metodológicas melhor potencializam seu uso como ferramenta pedagógica? Para responder a essas questões, adotamos uma abordagem qualitativa que combina análise de intervenções pedagógicas com grupos focais de professores em formação.

Este trabalho contribui para o campo ao demonstrar como tecnologias imersivas como a caixa de areia de realidade aumentada podem ser integradas ao ensino de Geografia de maneira pedagogicamente fundamentada. Mais do que uma ferramenta de visualização, propomos entendê-la como um dispositivo para o desenvolvimento do pensamento geográfico crítico, capaz de articular conhecimentos teóricos com experimentação prática. As implicações deste estudo apontam para a necessidade de repensar tanto a formação docente quanto os currículos de Geografia na era digital, sugerindo caminhos para superar o hiato entre inovação tecnológica e prática pedagógica significativa.

O atual cenário educacional apresenta um paradoxo: enquanto a sociedade vivencia aceleradas transformações digitais, as escolas enfrentam dificuldades em incorporar pedagogicamente essas inovações. Pesquisas recentes (Pedrosa et al., 2021; Kerski, 2022) demonstram que a simples introdução de tecnologias nas salas de aula não garante a transformação das práticas pedagógicas - é necessário desenvolver abordagens que articulem esses recursos com os fundamentos epistemológicos da Geografia. Neste contexto, a Caixa de Areia emerge como uma tecnologia singular, pois vai além da mera visualização espacial: ela opera como um dispositivo de mediação do raciocínio geográfico, permitindo que estudantes e professores manipulemativamente variáveis espaciais (relevo, hidrologia, uso do solo) e observem em tempo real as relações causa-efeito dessas intervenções (Kluge, 2019).

A Caixa de areia em realidade aumentada desenvolvida inicialmente pela Universidade da Califórnia, é uma ferramenta interativa que combina um sensor de

movimento conhecido como *Kinect* (utilizado para videogames), um projetor digital e o *software* livre *SARndbox* para simular paisagens topográficas e processos ambientais. Nesse sistema, os usuários podem moldar a areia para criar modelos topográficos tridimensionais, enquanto o *software* gera projeções em tempo real, incluindo linhas de altitude e até a simulação de água para estudos hidrológicos. Essa funcionalidade permite analisar o escoamento superficial e o ciclo da água em diferentes configurações do terreno.

Além disso, a tecnologia integra elementos físicos e digitais, transformando a caixa de areia em uma interface educacional dinâmica. Com um projetor de curta distância e um computador, o sistema promove interações imersivas, tornando-o uma ferramenta valiosa para o ensino de Geografia, Geologia e Ciências ambientais.

Figura 1 – Caixa de areia de realidade aumentada em pleno funcionamento



Fonte: dos autores, 2024

A funcionalidade do sistema é baseada na interação direta do usuário com a areia, que ao ser moldada, desencadeia respostas automáticas no programa. O *Kinect* captura os movimentos e as alterações na superfície da areia, enquanto o *software* processa esses dados em tempo real. Em seguida, o projetor exibe as respostas visuais na própria superfície da areia, criando um modelo topográfico dinâmico. Este modelo é enriquecido com cores que representam diferentes elevações, contornos topográficos detalhados e simulações de processos hidrológicos, como o fluxo de água e a dinâmica dos corpos hídricos.

O potencial da Caixa de areia reside em sua capacidade de superar limitações históricas do ensino de Geografia, oferecendo uma ponte entre a teoria abstrata e a prática espacial concreta. Diferentemente de métodos tradicionais, que muitas vezes separam o

conhecimento conceitual da experimentação direta, a caixa permite que os estudantes manipulem ativamente variáveis geográficas e observem, em tempo real, as consequências de suas intervenções no espaço modelado. Essa abordagem integrada resolve um desafio persistente: a dificuldade de compreender processos dinâmicos, como erosão, inundações ou mudanças no uso do solo, por meio de representações estáticas, como mapas convencionais ou imagens bidimensionais.

Além disso, oferece uma solução inovadora para um dos problemas mais complexos no ensino de Geografia, a compreensão de escalas espaciais. Por meio da manipulação direta do modelo físico e de suas projeções digitais, os estudantes podem vivenciar a transição entre fenômenos locais (como o escoamento superficial em uma microbacia) e suas implicações em escalas regionais ou globais (como mudanças nos ciclos hidrológicos). Essa experiência prática facilita a internalização de conceitos que, em abordagens tradicionais, permanecem abstratos e de difícil assimilação.

O *software* que opera a caixa de areia é de código aberto, o que facilita sua acessibilidade e adoção em contextos educacionais ao redor do mundo. Essa característica permite que tanto alunos quanto professores possam utilizar e adaptar a tecnologia para diferentes finalidades pedagógicas, promovendo uma aprendizagem interativa e prática no estudo de conceitos geográficos e ambientais. A disponibilidade do *software* como *open source* também incentiva a inovação e o desenvolvimento de novas funcionalidades, ampliando ainda mais as possibilidades de uso dessa tecnologia em diversas áreas do conhecimento.

Como demonstrado por Silva e Almeida (2022), quando utilizada de forma reflexiva e mediada pelo professor, esse recurso estimula operações cognitivas essenciais para o pensamento geográfico. Os estudantes não apenas analisam inter-relações espaciais, mas também simulam cenários ambientais, testam hipóteses e interpretam padrões territoriais em um ambiente de aprendizagem interativo. Essa tecnologia não substitui o papel do docente; pelo contrário, exige sua atuação como mediador crítico, capaz de guiar os alunos na transição entre a observação empírica e a interpretação teórica. Dessa forma, a sala de aula transforma-se em um laboratório vivo de experimentação geográfica (Xie et al., 2023), onde conceitos complexos ganham materialidade e significado.

Para Sabota et al. (2013), ao utilizar tais possibilidades no ensino de Geografia, os conteúdos possuem maior notoriedade e provocam sentido na aprendizagem dos estudantes,

possibilitando a utilização e visualização do conceito aplicado em sala de aula, os quais são apropriados para resolver as dificuldades e problemáticas das demandas sociais. Ensinar os saberes geográficos na educação básica é um desafio para os professores, visto que as especificidades dessa ciência precisam ser exploradas e potencializadas para provocar verdadeiras transformações sociais e cognitivas nos estudantes.

A pesquisa teve como objetivo investigar as potencialidades do uso da caixa de areia de realidade aumentada no ensino de Geografia, construída e instalada no Centro de Educação, Humanidades e Saúde (CEHS) de Tocantinópolis da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), identificando as possíveis estratégias para trabalhar os saberes geográficos abordados nos diversos níveis de ensino da educação básica.

A discussão integra os resultados obtidos do projeto extensionista intitulado "Novas geografias com o uso da realidade aumentada e virtual: a Cartografia na educação básica de Tocantinópolis/TO" oferecido em 2023 para discentes em formação da UFNT e professores em exercício da rede pública de Tocantinópolis. O projeto teve como objetivo explorar e implementar inovações tecnológicas na prática pedagógica da educação básica, com foco específico no uso da realidade aumentada e virtual para o ensino da Cartografia.

A Geografia é uma ciência capaz de desenvolvimento ações críticas e reflexivas para estudos sobre o planejamento de áreas urbanas, rurais e sobre a desequilíbrio do ser humano acerca dos elementos naturais. A tecnologia tem avançado e proporcionado novas maneiras de interagir com a informação geográfica, como é o caso da realidade aumentada (RA) e de outras interfaces digitais.

Metodologia

Este estudo adotou uma abordagem qualitativa de natureza exploratória e descritiva, fundamentada na necessidade de investigar tanto os aspectos técnicos quanto os processos de apropriação pedagógica da caixa de realidade aumentada, com especial atenção às percepções e experiências docentes em contextos educacionais específicos (Goldenberg, 1997). O percurso metodológico organizou-se em três etapas interdependentes: revisão sistemática da literatura, para mapear as bases teóricas e aplicações existentes; implementação técnica do sistema, adaptando-o às condições locais; e intervenção pedagógica com professores, analisando os processos de integração da tecnologia às práticas em Geografia. Essa triangulação metodológica permitiu capturar as complexidades inerentes à

adoção de tecnologias imersivas em realidades escolares diversificadas, particularmente no contexto tocantinense com suas especificidades socioeducacionais.

A primeira fase da pesquisa consistiu em uma revisão sistemática da literatura no Google Acadêmico, com recorte temporal de 2019 a 2025, permitindo captar estudos consolidados e pesquisas recentes sobre o tema. Utilizando descritores como "realidade aumentada" e "Geografia", foram encontrados 215 resultados, dos quais apenas 29 trabalhos faziam referência direta à Caixa de Areia de Realidade Aumentada.

Após leitura integral desses 29 estudos, identificaram-se cinco categorias principais: estudos sobre relevo na perspectiva da Geografia Física (5 trabalhos), realidade aumentada como recurso metodológico (5 trabalhos), aplicações da geomorfologia a questões cotidianas como enchentes e enxurradas (6 trabalhos), uso da realidade aumentada no ensino de Geografia (10 trabalhos) e abordagens de topografia voltadas para Engenharia Civil, Ambiental e Sanitária (3 trabalhos).

A análise revelou que nenhum desses estudos explorava o potencial da Caixa de Areia de Realidade Aumentada para o desenvolvimento do raciocínio geográfico crítico, limitando-se a aplicações de visualização espacial. Essa lacuna tornou-se um dos eixos centrais da presente investigação. Portanto, houve a necessidade de envolver o raciocínio crítico nos conteúdos desenvolvidos na caixa de areia.

Para a implementação técnica do recurso no Centro de Educação, Humanidades e Saúde (CEHS) da UFNT em Tocantinópolis, foi necessária uma cuidadosa seleção de equipamentos considerando as condições locais: um projetor com proporção 4:3 e resolução de 1024x768 pixels, um sensor Kinect versão 2 para captura de movimentos, e uma estrutura em MDF com dimensões de 100x75cm.

A fase de intervenção pedagógica envolveu 12 professores da rede pública de Tocantinópolis (ensino médio), selecionados por amostragem intencional considerando critérios de: tempo mínimo de 5 anos de experiência docente, atuação em escolas com diferentes perfis socioeconômicos, e interesse declarado em inovação pedagógica. As atividades formativas foram desenvolvidas ao longo de 7 semanas, combinando formações práticas com a caixa de areia de realidade aumentada (20 horas) e sessões de planejamento pedagógico colaborativo (12 horas). Cada participante desenvolveu e aplicou pelo menos uma sequência didática utilizando a tecnologia, sendo estas atividades gravadas em vídeo (com consentimento) para posterior análise.

A coleta de dados integrou múltiplos instrumentos complementares: questionários diagnósticos (pré e pós-formação), grupos focais semanais com roteiro semiestruturado, diários de campo dos pesquisadores e registros audiovisuais das atividades pedagógicas. A análise seguiu os princípios da análise de conteúdo categorial (Bardin, 2011), conduzida manualmente por uma equipe de três pesquisadores e dois monitores treinados. O processo envolveu: transcrição integral dos materiais; leitura flutuante para identificação de unidades de significado; codificação aberta com categorização consensual; e análise relacional entre categorias, com validação cruzada através de triangulação entre os instrumentos. Esse rigor metodológico permitiu identificar não apenas padrões recorrentes nas percepções docentes, mas também nuances contextuais no processo de apropriação da tecnologia.

Esta abordagem metodológica detalhada foi essencial para garantir que outros pesquisadores possam replicar o estudo, particularmente em contextos similares de instituições públicas com recursos tecnológicos limitados. A descrição minuciosa dos equipamentos, configurações e critérios de seleção dos participantes visa especialmente facilitar futuras comparações e meta-análises na área.

Como parte essencial da fase de intervenção pedagógica anteriormente descrita, as atividades formativas foram organizadas em três etapas sequenciais e complementares, articulando teoria, prática e reflexão crítica. Essa estrutura buscou garantir uma apropriação progressiva da tecnologia, desde sua fundamentação conceitual até sua aplicação contextualizada.

A primeira etapa consistiu em sessões teóricas introdutórias, onde se abordaram os fundamentos da Realidade Aumentada e suas potencialidades para o ensino de Geografia. Estas sessões foram especialmente adaptadas ao contexto regional, incluindo exemplos de aplicação para temas como análise de bacias hidrográficas do Tocantins e processos erosivos característicos do cerrado. Esta fundamentação teórica, vinculada diretamente aos conteúdos curriculares dos participantes, serviu como base para as etapas subsequentes.

Na segunda etapa, de imersão prática, os professores interagiram diretamente com a Caixa de Areia de Realidade Aumentada, desenvolvendo atividades em três níveis de complexidade: manipulação básica do relevo, simulação de processos geomorfológicos, e criação de cenários ambientais hipotéticos. Cada sessão foi acompanhada por monitores treinados, que registraram em protocolos padronizados as dificuldades técnicas e pedagógicas emergentes, dados posteriormente incorporados à análise global.

Além da sua versatilidade educacional, a caixa de areia destaca-se por sua autonomia operacional: uma vez instalada e configurada, o sistema não depende de internet ou conexões externas para funcionar. Essa característica é especialmente vantajosa em escolas com infraestrutura tecnológica limitada, realidade comum em muitas instituições brasileiras. Assim, mesmo em contextos com restrições digitais, a ferramenta mantém seu potencial interativo, permitindo que professores e alunos explorem conceitos topográficos e ambientais sem barreiras técnicas adicionais.

A fase final de avaliação e reflexão crítica ocorreu paralelamente à implementação em sala de aula. Após a prática, foram realizadas avaliações das atividades, onde os professores forneceram feedback sobre suas experiências e discutiram estratégias para a integração da R.A em seus planos de aula. Essa etapa incluiu a reflexão sobre os desafios e as oportunidades percebidas durante a aplicação da tecnologia, bem como a troca de ideias sobre possíveis melhorias e adaptações para o uso da caixa de areia em diferentes contextos educacionais.

A formação ofereceu aos professores uma oportunidade não apenas de aprender sobre uma nova tecnologia, mas também de refletir sobre sua prática pedagógica e de colaborar na construção de metodologias que incorporem as possibilidades oferecidas pela RA. A simplicidade operacional da Caixa, aliada ao seu custo relativamente baixo, torna-a uma ferramenta viável e adaptável para o contexto educacional brasileiro. A possibilidade de utilizar essa tecnologia de forma eficaz, mesmo em ambientes com restrições tecnológicas, fortalece sua aplicação como recurso pedagógico. Além disso, oferece flexibilidade em suas formas de incorporação ao currículo, podendo ser utilizada em diversas disciplinas e níveis de ensino, o que amplia seu potencial de impacto na educação.

Resultados e Discussão

A implementação da Caixa de Areia de Realidade Aumentada em Tocantinópolis-TO revelou impactos no ensino de Geografia, corroborando e expandindo as proposições teóricas de autores fundamentais da área. Os resultados demonstram uma significativa transformação na abordagem de conteúdos cartográficos e geomorfológicos, tradicionalmente desafiadores no ensino básico (Castrogiovanni, 1999).

A Caixa de Areia revelou-se eficaz para o ensino de conceitos geográficos complexos, como cartografia e modelagem topográfica. Autores como Moran, Masetto e

Behrens (2013) afirmam que as tecnologias digitais podem transformar o ensino ao proporcionar representações visuais dinâmicas e interativas que facilitam a compreensão de conceitos abstratos. A utilização de simulações e modelagens tridimensionais, como as oferecidas pela caixa de areia, permite uma abordagem mais prática e envolvente, facilitando a assimilação de conteúdos frequentemente considerados desafiadores.

No que concerne ao ensino de representações espaciais, os dados validam a tese de Simielli (2007) sobre a importância da tridimensionalidade para a compreensão cartográfica. Os professores, que inicialmente relatavam dificuldades com conceitos como curvas de nível (76% nos questionários diagnósticos), passaram a dominar essas representações (89% no pós-teste), corroborando a premissa de Almeida e Passini (2012) sobre a aprendizagem espacial por meio da manipulação concreta.

As representações bidimensionais encontradas em livros didáticos mostram-se limitadas para transmitir características essenciais do relevo, como altitude, morfologia e disposição espacial. Como destacou o professor participante da pesquisa: "Nos mapas tradicionais, os alunos vêm linhas e cores, mas não conseguem visualizar como uma encosta realmente se inclina ou como os vales se conectam". Essa limitação foi superada pela abordagem tridimensional, conforme relatou a professora participante da pesquisa "Quando manipularam a caixa de areia em 3D, os estudantes imediatamente entenderam conceitos como curvas de nível e declividade, algo que levava semanas para ensinar com métodos convencionais". A comparação direta revelou que, enquanto as representações 2D exigem abstração complexa, o modelo interativo proporcionou uma compreensão intuitiva da topografia.

O feedback dos professores confirma a importância de tornar os estudantes protagonistas de seu aprendizado através de atividades que envolvem a manipulação direta de modelos e simulações. Relatos sobre as representações visuais, como as projeções de cores e movimentos na areia, demonstram o impacto positivo das interações tridimensionais no engajamento e na compreensão dos conceitos geográficos.

A transformação promovida pelas tecnologias digitais não se limita apenas à inovação dos recursos utilizados, mas também à reconfiguração dos papéis dos atores envolvidos no processo educativo. Os alunos passam a ser mais ativos na construção do seu próprio conhecimento, enquanto os professores se tornam facilitadores e orientadores no uso dessas novas ferramentas tecnológicas (MORAN; MASSETTO; BEHRENS, 2013, p. 78).

A conexão entre teoria geográfica e realidade local, princípio defendido por Callai (2005), materializou-se especialmente na simulação do potencial rompimento da barragem de Estreito-MA. Esta atividade, que gerou sequências didáticas, concretizou o conceito de lugar de Santos (1996), transformando a caixa de areia em instrumento de leitura do espaço vivido. Os debates sobre impactos socioambientais emergentes das simulações ecoam as preocupações de Mendonça (2007) com a educação geográfica crítica.

Esta experiência, ao articular os referenciais teóricos da Geografia Escolar com inovação tecnológica, avança na superação do dilema apontado por Vesentini (2004) entre tradição e modernidade no ensino da disciplina. Os dados sugerem que a CARA pode efetivar os princípios da geografia crítica na prática docente quando contextualizada nas realidades locais, conforme defendido por Callai (2011).

A Tabela 1, que sintetiza os avanços nos indicadores-chave, encontra respaldo teórico nos estudos de Richter (2010) sobre avaliação de tecnologias educacionais em Geografia. A experiência como um todo valida a proposição de Suertegaray (2001) sobre a importância da experimentação espacial para a construção do pensamento geográfico, oferecendo um modelo replicável para contextos similares.

Quadro 1: Indicadores pré e pós intervenção da caixa de areia de R.A

Indicador	Pré-intervenção	Pós-intervenção	Referencial teórico
Domínio de conceitos cartográficos	32%	89%	Simielli (2007); Almeida e Passini (2012)
Uso pedagógico de tecnologias	18%	67%	Richter (2010); Straforini (2021)
Articulação teoria-prática local	41%	78%	Callai (2005); Santos (1996)
Abordagem interdisciplinar	35%	72%	Kaercher (2014); Vesentini (2008)

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

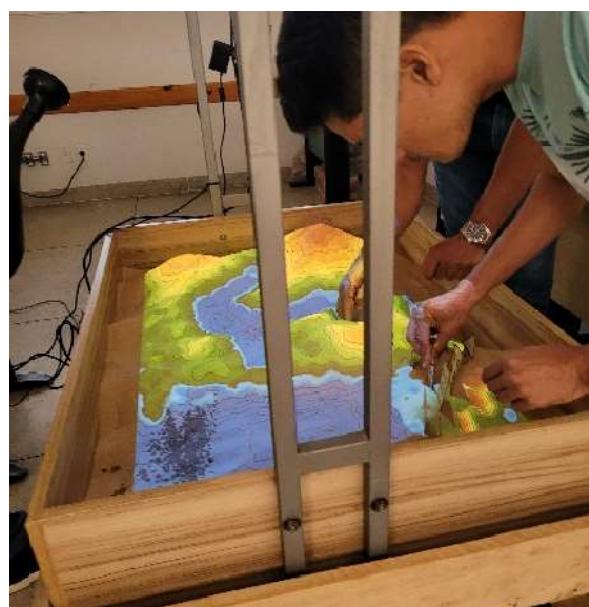
Estes resultados, analisados à luz da tradição teórica da Geografia brasileira, sugerem caminhos promissores para superar o fosso entre inovação tecnológica e

fundamentação epistemológica da disciplina, tema ainda pouco explorado nos estudos de Vesentini (2008) e Straforini (2018).

Levar o conhecimento geográfico por meio das simulações e explicações produzidas com a caixa de areia de realidade aumentada é importante para pensar outras estratégias de aprimorar o desenvolvimento do conteúdo de cartografia, visto pela sua complexidade por muitos estudiosos, com os sujeitos da comunidade escolar. Os feedbacks e avaliações das propostas com a caixa de areia, demonstram relevância do envolvimento de atividades que tornem os sujeitos protagonistas das ações educacionais. Feita pelas modelagens dos relevos na areia, ou no escoamento da água e formas de observar o espaço geográfico, os comentários de alunos e professores elucidam as mágicas misteriosas difundidas pelas cores e projeções em cada movimento na areia.

A eficácia do ensino e aprendizagem na Geografia perpassa em apropriar da atenção dos estudantes por meio do repensar de atitudes, metodologias e materiais didáticos. Torna-se necessário apropriar os conteúdos da Geografia com as realidades dos estudantes, corroborando para os impactos significativos da aprendizagem (Fortes, 2019). A articulação com temáticas de escalas locais, tais como a bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia e a reflexão sobre a possibilidade de um desastre ambiental com o rompimento da barragem do Estreito-MA, região circunvizinha do município, potencializa o estudo do lugar com o uso do formato tridimensional.

Figura 2 – Modelagem da simulação da barragem do Estreito-MA pelos participantes



Fonte: dos autores, 2023

A temática sobre os impactos da barragem na sociedade resultou inicialmente em diálogos acerca das características básicas e, posteriormente, no aprofundamento socioambiental da instalação de uma barreira artificial em uma região povoada de sujeitos, fauna e histórias. Para ser simulada e refletida na caixa de areia, esse direcionamento inicial foi fundamental para aparecer as discussões sobre os aspectos naturais e culturais presentes aos arredores dos rios e em decorrência das novas configurações do espaço geográfico. Acrescenta-se ainda, que em muitos momentos foram remetidos vivências e experiências adquiridas pela construção e inundação de muitas casas de familiares e conhecidos na região da barragem.

A atividade focou na criação e análise de um modelo tridimensional de uma barragem e seus possíveis efeitos no ambiente circundante. A simulação de rompimento de barragem permitiu que os professores experienciassem a modelagem de cenários de desastre em um ambiente controlado e interativo. De acordo com Piaget (1972), a aprendizagem ocorre de maneira mais eficaz quando os indivíduos têm a oportunidade de manipular e experimentar diretamente os conceitos que estão sendo estudados. A caixa de areia proporcionou exatamente essa oportunidade, permitindo que os professores moldassem a areia para criar modelos topográficos e visualizassem o fluxo da água em tempo real.

Os professores relataram que a simulação ofereceu uma compreensão mais profunda e concreta dos conceitos relacionados ao impacto ambiental de barragens. Eles puderam observar como o rompimento da barragem afetaria a topografia local e a distribuição da água, evidenciando aspectos como erosão e inundação. Segundo Vygotsky (1978), o aprendizado é enriquecido quando os participantes podem ver as consequências diretas de suas ações, o que facilita a internalização dos conceitos e a construção de conhecimentos mais duradouros.

Durante a formação, os professores discutiram a aplicabilidade da simulação em suas práticas pedagógicas. A atividade foi avaliada positivamente por permitir uma abordagem mais dinâmica e envolvente do conteúdo geográfico. Os professores destacaram que, ao utilizar a caixa de areia para simular um rompimento de barragem, puderam integrar o conhecimento teórico com a experiência prática, proporcionando aos alunos uma visualização clara dos efeitos de desastres naturais. Essa abordagem prática é consistente com a teoria de aprendizagem ativa, que enfatiza a importância da participação direta dos alunos na construção do conhecimento (Kolb, 1984).

Além disso, os professores identificaram que a simulação ajudou a contextualizar o ensino de Geografia, tornando o conteúdo mais relevante e conectado com realidades locais e globais. A possibilidade de observar e discutir as consequências de um desastre ambiental no contexto da própria região, como no caso da barragem de Estreito-MA, foi particularmente valorizada. Essa contextualização é fundamental para a criação de um ambiente de aprendizagem significativo, conforme sugerido por Schön (2000), que argumenta que a prática reflexiva e contextualizada é essencial para o desenvolvimento profissional e a eficácia do ensino.

Em suma, a formação com os professores sobre a simulação de rompimento de barragem com a Caixa de Areia de Realidade Aumentada destacou a eficácia da tecnologia em enriquecer o ensino de Geografia. A experiência ofereceu uma abordagem prática e interativa que contribui para uma melhor compreensão dos impactos ambientais e proporciona ferramentas valiosas para a prática pedagógica, alinhando-se às necessidades educacionais e às realidades das escolas.

Outro resultado obtido por meio das ações da pesquisa foi possibilitar a ampliação das práticas pedagógicas dos professores e discentes para trabalhar com os saberes geográficos articulados aos recursos digitais, principalmente ao manuseio e compreensão de como utilizar a cartografia como agente transformador e mapeador do espaço geográfico.

A experiência mostrou que os conteúdos geográficos, quando abordados de forma interdisciplinar e prática, proporcionam uma reflexão mais rica e uma leitura mais crítica do mundo. Castrogiovanni et al. (1999) observam que, apesar da importância da Geografia no currículo escolar, há uma lacuna na formação dos professores em relação às especificidades dessa disciplina, o que se reflete nas dificuldades para o ensino de temas como a cartografia. A Caixa de Areia de Realidade Aumentada, ao possibilitar uma abordagem mais prática e interativa, pode ser uma estratégia eficaz para superar essas dificuldades e promover uma compreensão mais profunda dos conteúdos geográficos, alinhando-se às necessidades educacionais contemporâneas e às demandas dos ambientes de ensino.

Como resultado direto desta pesquisa, foi elaborado e entregue à Superintendência Regional de Ensino (SER) de Tocantinópolis o projeto "Incorporação da Caixa de Areia de Realidade Aumentada nas Escolas Estaduais de Educação Básica de Tocantinópolis-TO", que apresenta um guia detalhado para implementação da tecnologia

no contexto escolar público. O documento contém orientações passo a passo para a construção da caixa de areia, desde a seleção de materiais de baixo custo até a configuração do software de realidade aumentada, acompanhado de um orçamento acessível que viabiliza sua replicação em múltiplas escolas da região. Este projeto prático consolida os achados da pesquisa ao demonstrar a factibilidade de inserção dessa tecnologia inovadora na rede pública de ensino, servindo como modelo para outras regionais de educação interessadas em modernizar o ensino de Geografia com recursos interativos e acessíveis.

Para Castrogiovanni et al. (1999), a disciplina de Geografia não é menos importante que as demais que compõem o currículo escolar. Contudo, ainda enfrentamos certo descuido das instituições escolares em compreender sua essência transformadora. As especificidades dos saberes geográficos ainda são pouco difundidas nos cursos de Licenciatura para a formação de professores da educação básica, proporcionando inúmeras dificuldades dos docentes para trabalharem conteúdos vinculados a temática da Cartografia no contexto escolar.

Conclusão

Este estudo evidenciou que a caixa de areia de realidade aumentada representa uma inovação significativa no ensino da Geografia, transcendendo sua função inicial de ferramenta de visualização espacial para se tornar um instrumento potencializador do raciocínio geográfico crítico. Ao permitir a manipulação ativa de modelos topográficos e a simulação de processos ambientais, a caixa demonstrou capacidade única para desenvolver nos estudantes uma compreensão dinâmica e sistêmica do espaço geográfico, superando as limitações das abordagens tradicionais baseadas em representações estáticas.

Os resultados obtidos revelaram que o maior potencial pedagógico da caixa de areia se manifesta quando integrada a metodologias ativas de aprendizagem, particularmente em abordagens investigativas que desafiam os alunos a formular hipóteses e testá-las através da experimentação com a ferramenta. Este enfoque mostrou-se especialmente eficaz para desmistificar conceitos cartográficos abstratos, analisar riscos ambientais e compreender as complexas interações entre os sistemas naturais e a ação humana. Contudo, a implementação bem-sucedida desta tecnologia enfrenta obstáculos significativos, incluindo a necessidade de formação docente especializada, a adaptação curricular e as limitações tecnológicas presentes em muitas escolas públicas.

A pesquisa confirmou a viabilidade da caixa como solução de baixo custo e alta flexibilidade pedagógica, capaz de ser adaptada mesmo em contextos com recursos limitados. No entanto, permanecem questões importantes para investigações futuras, particularmente no que diz respeito à sua escalabilidade para diferentes níveis de ensino, o desenvolvimento de métricas robustas para avaliar seu impacto na aprendizagem e as possibilidades de aplicação interdisciplinar. Estas lacunas apontam para direções promissoras de pesquisa que poderão ampliar e aprofundar o entendimento sobre o papel das tecnologias imersivas na educação geográfica.

As limitações deste estudo, incluindo sua amostragem geograficamente circunscrita e a dependência de infraestrutura tecnológica mínima, sugerem cautela na generalização dos resultados. Contudo, a originalidade da pesquisa reside em sua abordagem inovadora ao focar no desenvolvimento do raciocínio geográfico crítico, e não apenas nas habilidades de visualização espacial, e ao propor um modelo metodológico replicável para a formação docente. As implicações práticas destes achados apontam para a necessidade de políticas públicas que facilitem o acesso a tecnologias educacionais inovadoras, programas de formação docente continuada centrados em pedagogias ativas e pesquisas aplicadas que testem a eficácia da caixa de areia em diversos contextos educacionais.

Em última análise, este trabalho reforça a tese de que a caixa representa muito mais que uma ferramenta tecnológica, configura-se como um elemento transformador no ensino da Geografia, capaz de articular inovação tecnológica com metodologias pedagógicas avançadas para formar cidadãos críticos e conscientes de sua capacidade de interpretar e transformar o espaço geográfico. Os desafios identificados não diminuem seu potencial, mas antes destacam a importância de abordagens sistêmicas que integrem tecnologia, formação docente e políticas educacionais para realizar plenamente as possibilidades abertas por esta e outras tecnologias emergentes na educação geográfica.

Agradecimentos

O desenvolvimento desta pesquisa contou com auxílio financeiro da PROPESQ/UFNT, Edital nº 017/2023.

Referências

ALMEIDA, C. C. T; MARTINS, E. R; DA SILVA, J. L. B. A Ciência Geográfica e o Ensino de Geografia dos anos 1980 aos dias de hoje: Uma avaliação. *Revista Brasileira de Educação em Geografia*, v. 9, n. 18, p 05-19,2019. GAPE.Em 2022, o Brasil registrou 9,5 mil escolas sem acesso à internet. Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/noticias/em-2022-brasil-registrou-9-5-mil-escolas-sem-acesso-a-internet>.

CALLAI, H. C. *Estudar o lugar para compreender o mundo*. In: CASTROGIOVANNI, A. C. (Org.). Ensino de Geografia: práticas e textualizações no cotidiano. Porto Alegre: Mediação, 2005. p. 83-134.

CASTROGIOVANNI, A C. et al. (org.) *Geografia em sala de aula: práticas e reflexões*. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1999.

CAVALCANTI, Lana de Souza. *Ensinar a pensar pela Geografia como meta da atuação docente*: Fundamentos teóricos para (re)construir uma didática da Geografia. In: RICHTER, Denis; SOUZA, Lorena Francisco de; MENEZES, Priscylla Karoline de (org.). Percursos teórico-metodológicos e práticos da Geografia Escolar. 1. ed. Goiânia: C&A Alfa Comunicação, 2022.

CIEB - CENTRO DE INOVAÇÃO PARA EDUCAÇÃO BRASILEIRA. *Modelos de curadoria de recursos educacionais digitais*. Caderno de estudos, São Paulo: CIEB, 2017. Disponível em: https://cieb.net.br/wp-content/uploads/2020/08/CIEB-Estudos-5-Modelos-de-curadoria-de-recursos-educacionais-digitais_vers%C3%A3o-CC.pdf. Acesso em: 09 maio 2024.

CINTRA, G. V. *Cartografia digital na formação de professores de Geografia: o caso da UEG*, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sociedade) – Universidade Estadual de Goiás. Morrinhos, 2017.

FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem complicações*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FORTES, A.B. et al. *A Realidade Aumentada como contribuição didática para o ensino de Geografia Escolar*: Levantamento de produtos disponíveis na WEB com potencial pedagógico. 2019.

GOLDENBERG, M. *A arte de pesquisar*. Rio de Janeiro: Record, 1997.

IDE, D.S. Considerações iniciais sobre a experiência da realidade aumentada. *Revista Geminis*, v. 5, n. 3, p. 177–190, 2014

KAWAMOTO, A. L. S. et al. *Manual de instalação, configuração e uso da caixa de areia de realidade aumentada (AR Sandbox)*. Campo Mourão: UTFPR, 2016

KERSKI, J. J. *The essentials of the environment*. Redlands: Esri Press, 2022.

KOLB, D. A. *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1984.

KREYLOS, Oliver. *Augmented Reality Sandbox*. 2020. Disponível em: <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>. Acesso em: 20 agosto. 2023.

LAVE, J.; WENGER, E. *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. New York: Cambridge University Press, 1991.

LEITE, A.S; SANTOS, E; VALDICK, B. *Realidade Aumentada e o seu impacto na Educação*. 2020.

MENDONÇA, F. A. *Geografia e meio ambiente*. São Paulo: Contexto, 2007.

MORAN, M.T; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A. *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. 21ª ed. Campinas: Papirus, 2013.

MOURA, L.M.F. et al. Exclusão Digital em processos de Transformação Digital: uma revisão sistemática de literatura. *Revista Gestão.Org*, V. 18, Edição 2, p. 198-213. 2020. Disponível em:. Acesso em: 12. jul. 2024.

OLIVEIRA, L; COSTA, V. M; MOLIN, P. G. *Caixa de Areia de Realidade Aumentada: Guia de Confecção e Aplicações de Ensino*.

PEDROSA, B. et al. *Tecnologias digitais e ensino de Geografia: desafios na formação docente*. São Paulo: Editora Unesp, 2021.

PIAGET, J. Intellectual evolution from adolescence to adulthood. *HumanDevelopment*, v. 15, p. 1-12, 1972.

RICHTER, D. *Tecnologias na educação geográfica: avaliação e perspectivas*. São Paulo: Contexto, 2010.

SANDER, Andrea; et al. *Guia para sandbox: uma poderosa ferramenta de ensino*. Porto Alegre: CPRM, 2020.

SANTOS, B. S. *Renovar a teoria crítica e reinventar a emancipação social*. São Paulo: Boitempo, 2007.

SANTOS, M. *A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo: Edusp, 1996.

SCHÖN, D. A. *Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SILVA, M. et al. Ar jigsaw puzzle: Potencialidades de uso da realidade aumentada no ensino de geografia. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education*(Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). 2014. p. 194.

SUERTEGARAY, D. M. A. *Geografia e educação: o espaço como recurso didático*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2001.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

XIAO, J. et al. Assessing the effectiveness of augmented reality courseware "Eight planets in the solar system". In: *International Conference on Information Technology in Medicine and Education*, 9, 2018, Hangzhou. *Anais*. Hangzhou: IEEE, 2018. p. 388-392.