

O USO DA SARNDBOX NO ENSINO DE GEOMORFOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO

The use of sarndbox in the teaching of Geomorphology for high school

George Pereira de Oliveira

Discente – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
george.oliveira@ufpe.br

Riclaudio Silva Santos

Discente – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
riclaudio.silva@gmail.com

Daniel Rodrigues de Lira

Prof. Dr. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
emaildoautor@pucminas.br

Edmário Marques de Menezes Júnior

Prof. Dr. Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
edmario.menezes@ufpe.br

Wemerson Flávio da Silva

Discente – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
wemerson.fsilva@gmail.com

Recebido: 10.02.2023

Aceito: 24.04.2023

Resumo

A simulação de formas e processos espaciais a partir da Realidade Aumentada se apresenta como uma nova possibilidade de ensino-aprendizagem na Geografia Escolar. Neste estudo, é feita uma análise da efetividade do uso da interface tangível SARndbox no ensino de Geomorfologia para o ensino médio. Trabalhou-se com 54 alunos do 1º Ano do Ensino Médio de uma escola pública da Região Metropolitana do Recife. A condução da atividade estruturou-se em três etapas: 1. Aula expositiva dialogada e atividade diagnóstica; 2. Interação com a SARndbox e 3. Reaplicação da atividade diagnóstica. Foi perceptível o engajamento dos alunos na atividade, porém os resultados quantitativos foram tímidos. Identificou-se uma dificuldade na identificação de certos tipos de formas de relevo, como pedimentos, evidenciando dificuldades relacionadas a questões processuais. Contudo, no tocante ao pensamento e raciocínio espacial, os discentes demonstraram as habilidades esperadas. A análise diagnóstica quantitativa não se mostrou a mais adequada, havendo a necessidade de se desenvolver avaliações mais dinâmicas em experiências futuras.

Palavras-chave: Realidade Aumentada; Interfaces Tangíveis; Metodologias Ativas; Feições Geomórficas.

Abstract

The simulation of spatial forms and processes through Augmented Reality presents a new possibility for teaching and learning in School Geography. In this study, an analysis of the effectiveness of the tangible interface SARndbox in teaching Geomorphology to high school students is conducted. The study worked with 54 1st year high school students from a public school in the Metropolitan Region of Recife. The activity was structured in three stages: 1. Dialogic expository class and diagnostic activity; 2. Interaction with the SARndbox; and 3. Reapplication of the diagnostic activity. It was noticeable that the students were engaged in the activity, although the quantitative results were modest. Difficulties were identified in identifying certain geomorphological features, such as pediments, highlighting difficulties related to processual issues. However, the students demonstrated the expected skills concerning spatial thinking and reasoning. The quantitative diagnostic analysis was not the most appropriate, indicating the need to develop more dynamic assessments in future experiences.

Keywords: Augmented Reality; Tangible User Interfaces; Active Learning; Landforms.

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico das últimas décadas (Tecnologias Digitais da Informação e Comunicações – TDICs) legou aos professores de Geografia uma significativa diversidade de ferramentas para a emulação em meio digital de diversas variáveis e processos geoespaciais. Esse progresso é perceptível nas diretrizes específicas que tratam das competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos estudantes dos diversos níveis de ensino, que no caso do Brasil é a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018).

A apropriação dos avanços tecnológicos pelos professores, no caso em tela, os docentes de Geografia, cresce conforme novos recursos vão se tornando disponíveis, como interfaces tangíveis, globos virtuais, aplicativos para dispositivos móveis, entre outras ferramentas. O uso desses equipamentos é incorporado ao arcabouço prático e metodológico dos docentes, numa tentativa de rompimento com as metodologias tradicionais e maior disseminação das denominadas metodologias ativas. Essas são entendidas como formas de desenvolver o processo de ensino-aprendizagem a partir de experiências reais e/ou simuladas, discutindo-se problemas advindos da prática social e aventando-se sobre possíveis soluções (BERBEL, 2011).

Tomando como referência a simulação de processos reais, o que é destacado na definição supracitada de Berbel (2011), a Realidade Aumentada (AR, do inglês Augmented Reality) se apresenta como uma importante ferramenta na fomentação dessas experiências. A diversidade de softwares, sejam para computadores ou smartphones, permite a emulação da realidade de uma crescente coleção de fenômenos espaciais.

Apesar das complexidades que se apresentam, as novas tecnologias também se mostram como um terreno fértil para a ruptura de paradigmas tradicionalistas de ensino. Num momento em que as metodologias ativas ganham crescente destaque nos campos teórico-metodológico e prático, ferramentas modernas de modelagem virtual da realidade, como softwares de AR, interfaces tangíveis, globos virtuais, dentre outros, se mostram promissoras.

Na ciência geográfica, trabalha-se com uma ampla gama de sistemas e processos espaciais interconectados, o que torna ainda mais desafiador para o educador ser compreendido pelos alunos. Há a necessidade de se desenvolver nos educandos o pensamento espacial, compreendendo esse como um conjunto de processos mentais de representação, análise e elaboração de inferências a partir das relações entre os diferentes sistemas que compõem o espaço geográfico (UTTAL; MILLER; NEWCOMBE, 2013). A realidade aumentada (RA), quando bem empregada, pode auxiliar no processo de modelagem espacial, aproximando os alunos de experiências do seu cotidiano e, conseqüentemente, tornando os conteúdos mais acessíveis.

Ao usar o ensino de geomorfologia como exemplo, percebe-se que os avanços tecnológicos atuais têm um papel importante no processo de superação do ensino tradicional das formas de relevo, onde os alunos são limitados a uma percepção 1D e/ou 2D (visão em planta), destacando-se aqui os estudos que tratam do Google Earth (PEREIRA; SILVA, 2012) e de aplicativos de modelagem tridimensional do relevo para *smartphones* (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2019; BARBOZA; RONDINI, 2020; CARVALHO; LIAO, 2020). Tanto no meio urbano quanto rural, o relevo é o palco onde as transformações socioespaciais ocorrem, um substrato que não pode ser analisado separadamente da sociedade que dele faz uso.

Entre as ferramentas digitais disponíveis para o ensino de geomorfologia, na perspectiva de metodologias ativas e integradas, destaca-se a SARndbox (KREYLOS, 2012), que combina realidade aumentada e interface tangível (PETRASOVA *et al.*, 2018; HOFIERKA *et al.*, 2022). Seu uso para fins didáticos é amplamente reconhecido pela literatura especializada (NAWAZ; KUNDU; SATTAR, 2017; PETRASOVA *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2018; GEORGE; HOWITT; OAKLEY, 2020; SOLTIS *et al.*, 2020; BOS; MILLER; BULL, 2021; HOFIERKA *et al.*, 2022).

O uso de novas metodologias ativas com tecnologia na educação é comum, mas os professores de Geografia devem ter cuidado ao aplicá-las. É importante que o professor selecione as metodologias corretas para a realidade da sala de aula. Este estudo visa

preencher a falta de pesquisas que avaliam o impacto do uso da SARndbox na qualidade do ensino de Geomorfologia em diferentes níveis de ensino.

O objetivo deste estudo é entender como o uso de AR e interfaces tangíveis, especificamente a SARndbox, pode ajudar a melhorar o processo de ensino e aprendizagem de conteúdos relacionados à Geomorfologia para turmas do 1º ano do Ensino Médio em uma escola pública da Região Metropolitana do Recife (RMR). Além de analisar qualitativamente o engajamento dos alunos nas atividades, busca-se quantificar possíveis melhorias em sua habilidade de identificar formas de relevo a partir de visões bidimensionais e tridimensionais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A proposta presente envolveu três etapas distintas: a primeira voltada para a aquisição de materiais e montagem da Caixa de Areia de AR (SARndbox) (conforme Figura 1); a segunda consistiu em uma aula expositiva e dialogada para apresentação dos temas aos discentes envolvidos; e a terceira teve como objetivo avaliar a efetividade do recurso de ensino utilizado. É importante destacar que as etapas foram realizadas conforme o ritmo e conhecimento prévio dos alunos participantes.

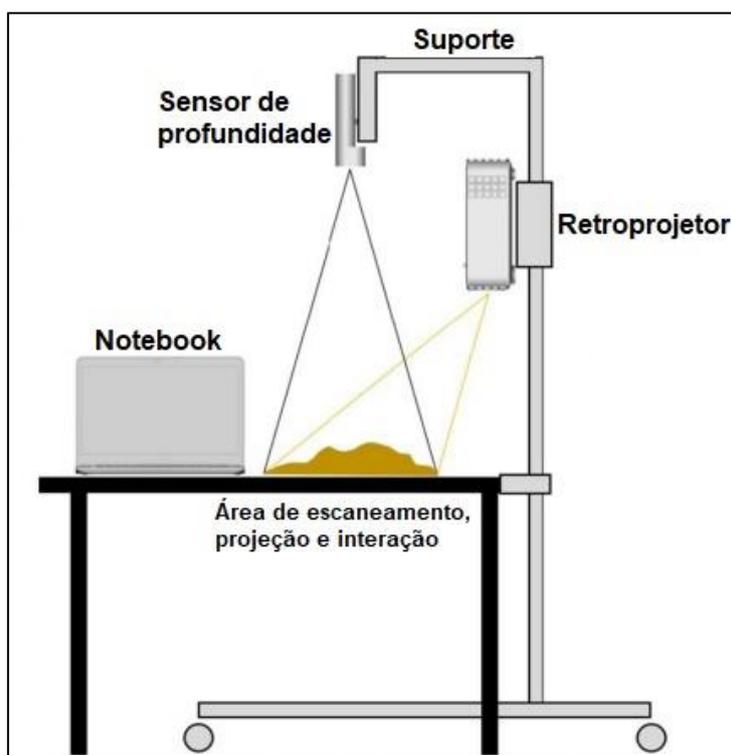


Figura 1 - Estrutura básica da SARndbox.
Fonte: Adaptado de Hofierka *et al.* (2022).

Para a construção da SARndbox foi feita a aquisição dos seguintes materiais: um notebook (preferencialmente com placa de vídeo offboard, processador Intel® Core™ 2 Duo, memória RAM mínima de 2Gb, HD com espaço mínimo de 20Gb e Sistema Operacional Linux Mint), um retroprojektor, um sensor de movimento e profundidade para vídeo game (modelo Kinect para XBOX 360, composto por uma câmera de detecção de vídeo RGB com resolução de 640x480, sensor de profundidade 3D e microfone multi-vetorial), um suporte de ferro para o retroprojektor e para o Kinect, uma caixa de madeira (dimensões de 72,5 cm de largura x 95,5 cm de comprimento x 20 cm de profundidade), uma mesa para servir de suporte para o notebook e para a caixa de madeira e, por fim, areia de construção civil (preferencialmente fina e branca) (Figura 2).

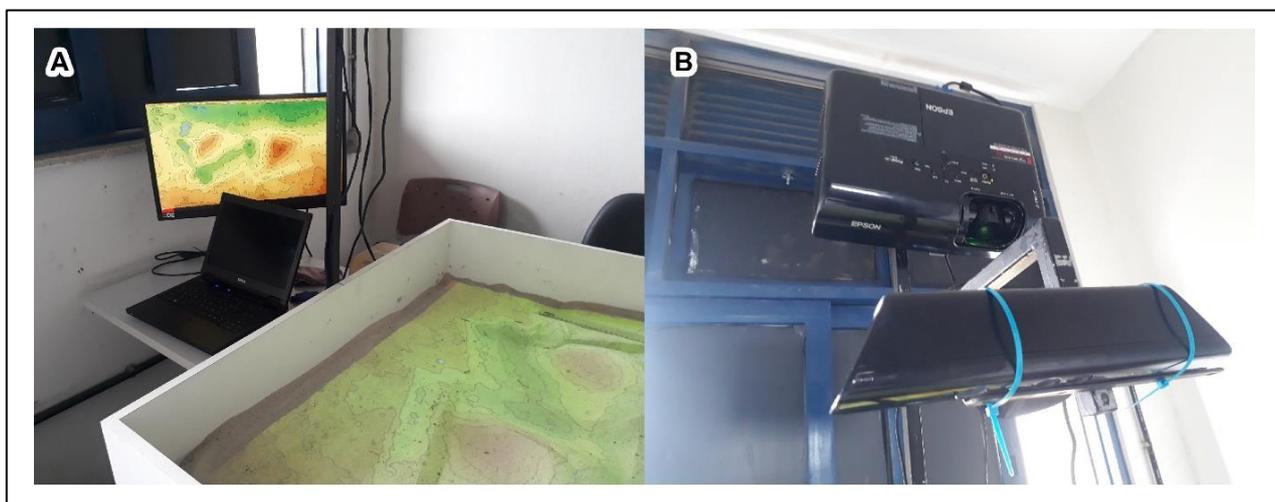


Figura 2 - Materiais que compõem a SARndbox. A – Computador e caixa de madeira contendo a areia; B – Retroprojektor e sensor Kinect. **Fonte:** Os autores.

O software utilizado (SARndbox versão 2.8) foi desenvolvido por Oliver Kreylos (2012), do Departamento de Ciência da Computação da Universidade da Califórnia Davis (UC Davis) (MEZZOMO; KAWAMOTO; BRAZ, 2020). O seu download pode ser feito no seguinte endereço eletrônico: <<https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>>. Tendo em vista o uso desse programa ao invés de outros disponíveis, optou-se por denominar o equipamento desenvolvido neste estudo de SARndbox, mesma nomenclatura usada na Rede SARndbox Brasil (UTFPR, 2021), ao invés de AR Sandbox para fins de padronização. Mais detalhes sobre a montagem da SARndbox podem ser encontrados no trabalho de Mezzomo, Kawamoto e Braz (2020).

Após a finalização, a SARndbox funciona com dois componentes principais, como destacado por Santos *et al.* (2018). O primeiro é o renderizador topográfico (Figura 3-A), que digitaliza o relevo na areia a partir do retroprojektor e do sensor Kinect, distinguindo a

altimetria tanto por curvas de nível como por cores, e permite a modificação conforme as deformações impostas na areia. O segundo componente é o simulador hidrológico (Figura 3-B), onde é possível emular um evento de precipitação e o posterior escoamento superficial, com a água fluindo sempre para os setores mais baixos do relevo virtual.

A etapa seguinte consistiu na avaliação da efetividade da SARndbox como ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem de temáticas voltadas para a Geomorfologia, bem como Cartografia e Hidrografia. Contou-se com a participação de 54 alunos de duas turmas do 1º ano do Ensino Médio Colégio de Aplicação da UFPE (Cap-UFPE), localizado no município do Recife, Pernambuco. Estes foram divididos em dez grupos que variaram de cinco a seis integrantes.

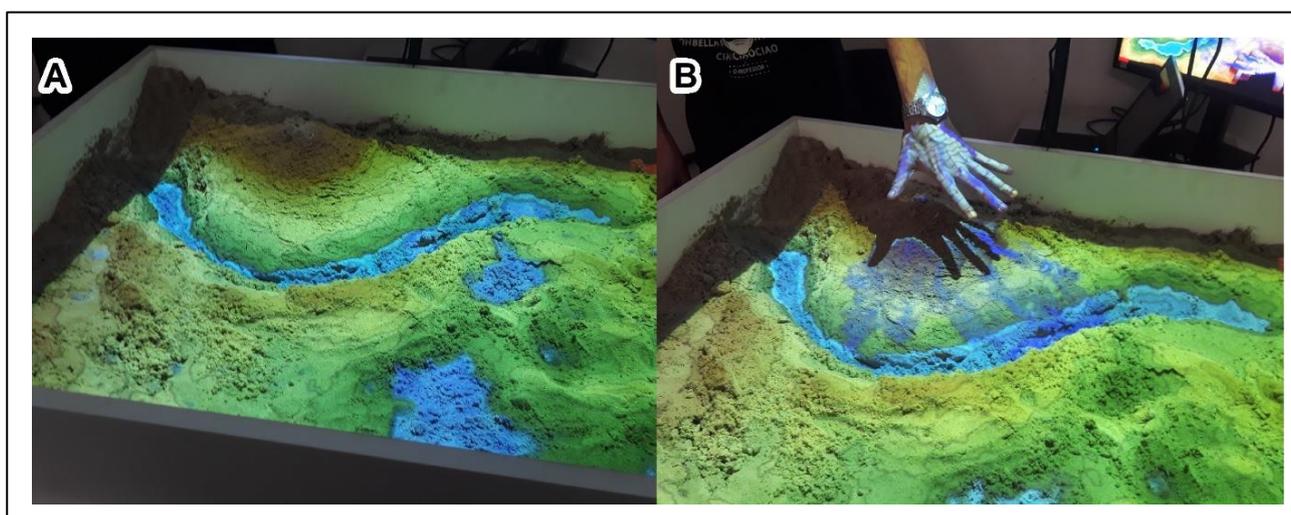


Figura 3 - Componentes básicos da SARndbox. A - Renderizador topográfico; B - Simulador de precipitação. **Fonte:** Os autores.

Para os alunos participantes, foi realizada uma aula expositiva dialogada sobre os conteúdos abordados antes da aplicação da atividade. Essa aula incluiu noções básicas de Cartografia, Geomorfologia e Hidrografia, como escala cartográfica, leitura de cartas e mapas, formas de relevo e escoamento superficial. Imediatamente após a aula, a atividade de avaliação foi aplicada, que consistiu em um conjunto de três cartas topográficas (Figuras 4A, 5A e 6A) representando o terreno através de curvas de nível e três blocos diagramas com representação em visão oblíqua da paisagem (Figuras 4B, 5B e 6B). Nesse material, algumas feições gerais do relevo, como encostas, vales, planícies, pedimentos, topos, foram indicadas para que os alunos pudessem nomeá-las corretamente.

No tocante às paisagens analisadas, optou-se por contextos morfoclimatológicos diversificados, analisando-se desde áreas semiáridas a domínios caracterizados por maior umidade. Nas Figuras 4A e 4B, por exemplo, é destacado o setor oriental do planalto

sedimentar do Araripe, feição de relevo tabuliforme situada na divisa entre os estados do Ceará e Pernambuco. Trata-se de um domínio marcada por significativa semiaridez, sobretudo no lado pernambucano, com maiores índices de precipitação na encosta a barlavento no território cearense.

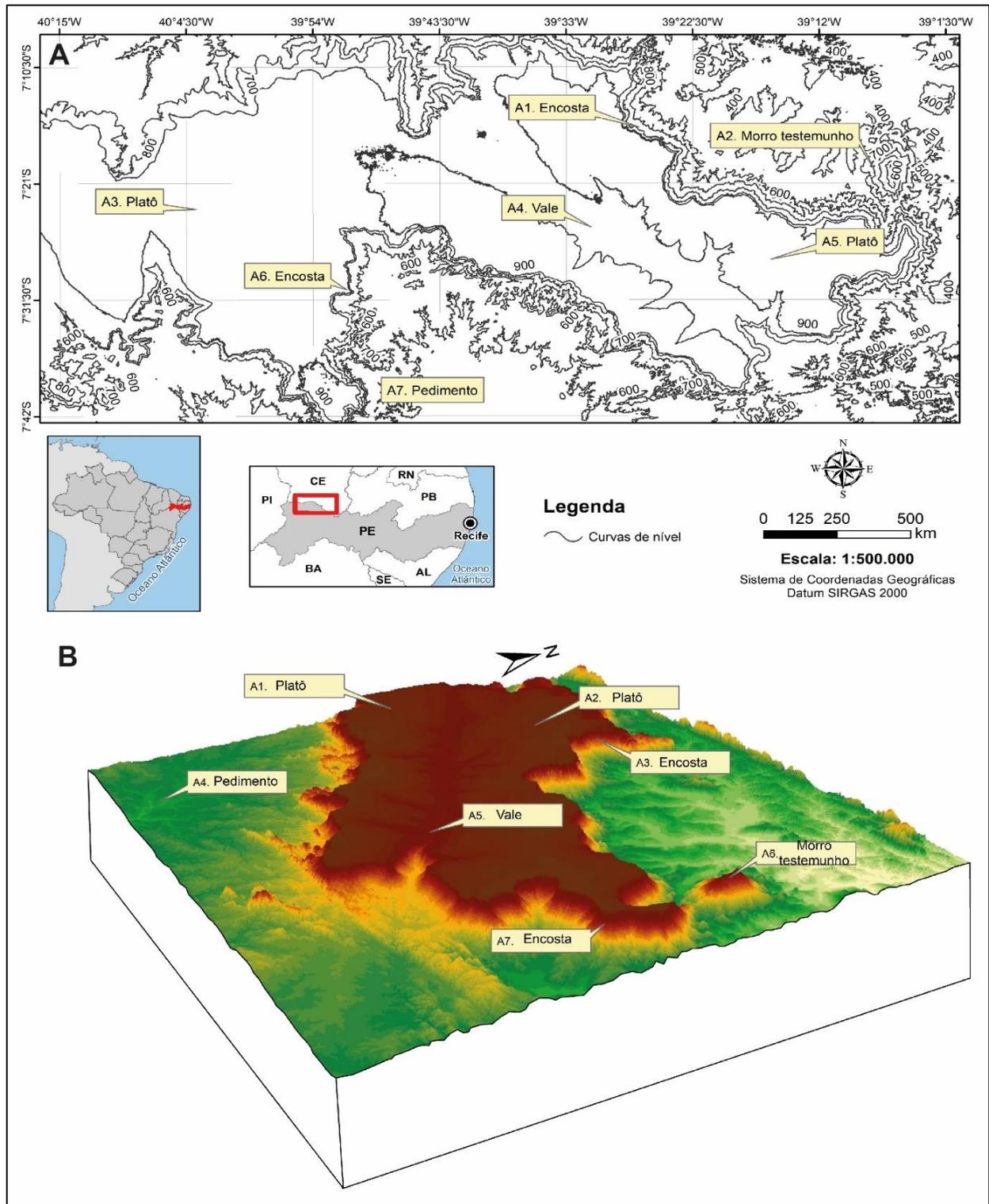


Figura 4 - Carta topográfica (A) e bloco 3D (B) do planalto sedimentar do Araripe.
Fonte: Os autores.

O segundo contexto paisagístico trabalhado apresenta uma configuração morfoclimatológica significativamente distinta do anterior. Na planície fluvio-marinha do Recife (Figuras 5A e 5B) tem-se uma extensa área deposicional quaternária, onde a sedimentação costeira vai dando lugar a tabuleiros dissecados e conservados à medida que se adentra no continente. A precipitação média anual neste setor supera os 2000 mm.

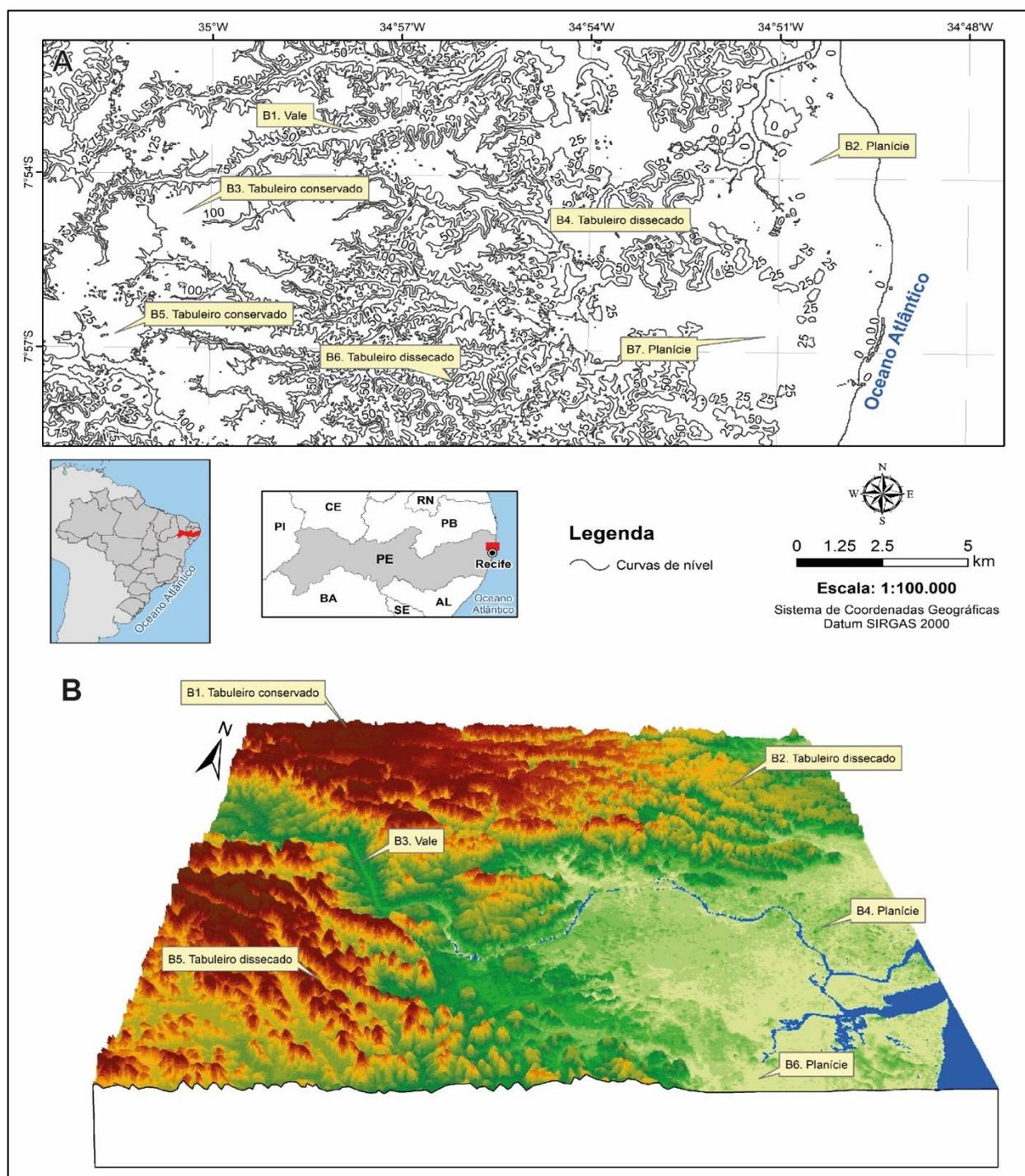


Figura 5 - Carta topográfica (A) e bloco 3B (B) da planície fluvio-marinha do Recife.
Fonte: Os autores.

Uma característica em comum entre o planalto sedimentar do Araripe e a paisagem litorânea da planície fluvio-marinha do Recife é o contraste de formas, como áreas planas coexistindo com feições de morfologia dissecada marcadas por declives abruptos. Isso não é o que ocorre no terceiro setor analisado (Figuras 6A e 6B), onde o relvo é marcado por um padrão de morros cristalinos convexos em uma zona de significativa umidade, o que Ab'Sáber (2003) denominou de domínio de Mares de Morros.

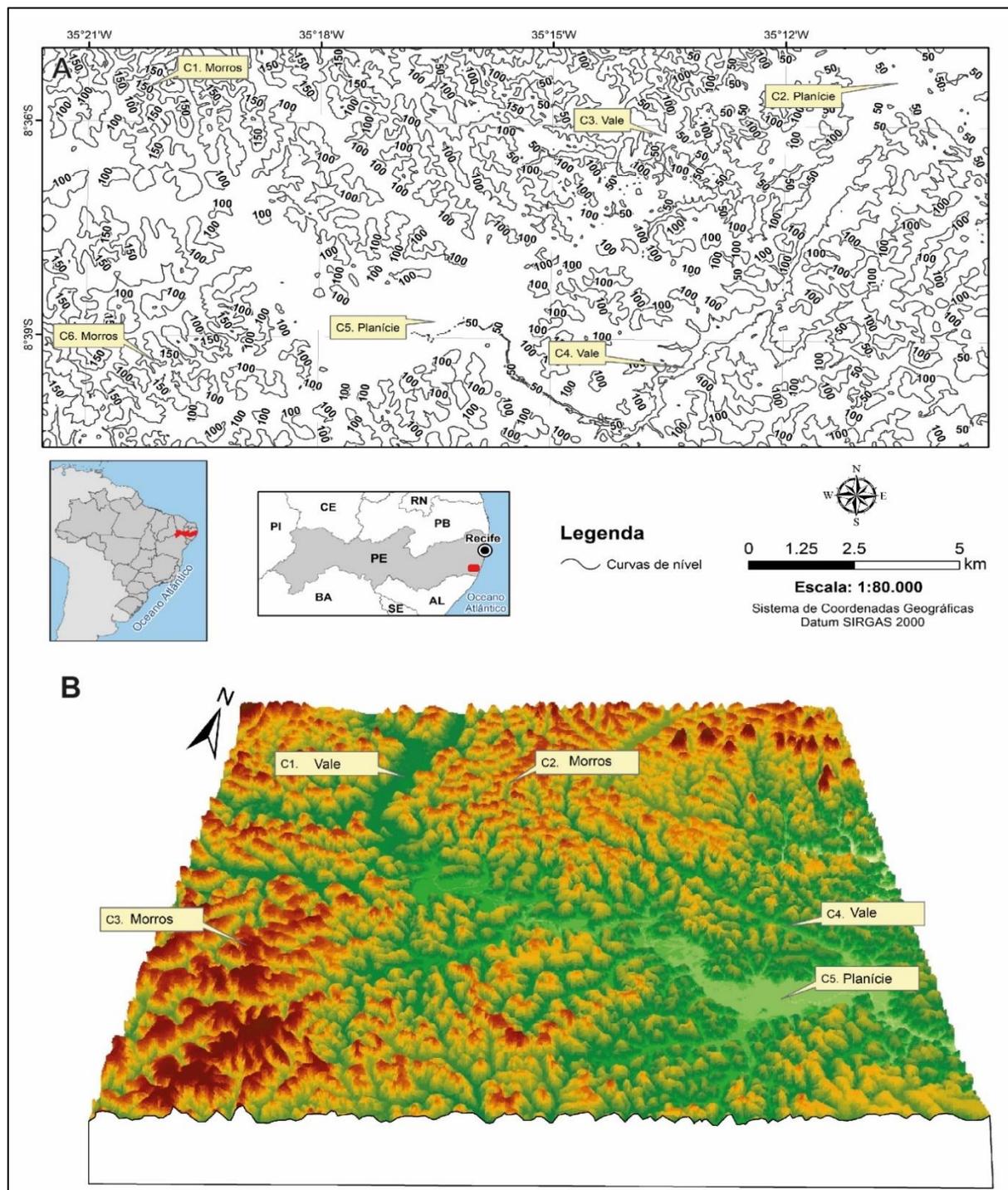


Figura 6 - Carta topográfica (A) e bloco 3D (B) dos mares de morros da Mata Sul pernambucana.
Fonte: Os autores.

Num segundo momento os discentes envolvidos foram convidados a participar de uma atividade prática envolvendo a SARndbox, onde esses tiraram suas dúvidas acerca da leitura de cartas topográficas e formas de relevo. A atividade de avaliação foi aplicada novamente uma semana após o momento interativo, buscando-se analisar se houve melhoria na capacidade de assimilação a longo prazo dos conhecimentos trabalhados.

Por fim, foram realizadas uma análise quali-quantitativa e comparativa das respostas obtidas nos dois momentos da atividade. Essa etapa teve como objetivo verificar a efetividade da SARndbox como recurso didático e avaliar seu potencial na melhoria da capacidade de abstração dos discentes em relação aos conteúdos abordados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como produto inicial do presente estudo, destacam-se as atividades desenvolvidas para a aplicação junto às turmas participantes da pesquisa. Optou-se por trabalhar com três áreas distintas: o planalto sedimentar do Araripe, no Cariri cearense; a planície fluviomarinha do Recife e tabuleiros adjacentes; e os mares de morros da Zona da Mata Sul de Pernambuco. Para cada um desses recortes espaciais, elaborou-se uma carta topográfica (Figuras 4A, 5A e 6A) e um bloco-diagrama contendo uma representação tridimensional do relevo (Figuras 4B, 5B e 6B). Em cada uma dessas representações foram indicadas feições geomórficas específicas para as quais foi atribuído um código composto de letra e número.

Os conceitos trabalhados podem ser classificados em dois grupos, sendo o primeiro correspondente as formas de relevo cuja identificação é mais intuitiva, como planícies, vales, morros, encostas e platôs. As demais feições trabalhadas exigiram um nível maior de abstração, como morros testemunhos, pedimentos, tabuleiros conservados e tabuleiros dissecados. Além da forma, essas unidades também são definidas a partir do contexto litoestrutural e dos processos atuantes, como o grau de dissecação.

Foram dez grupos e vinte formas a serem identificadas nas cartas topográficas, totalizando 200 respostas contabilizadas. Para os blocos tridimensionais, foram 18 feições para análise, contabilizando 180 respostas registradas. Trabalhou-se em cima da taxa de acerto dessas respostas nos dois momentos de aplicação das atividades com material impresso, antes e após a interação com a SARndbox.

Mesmo não dispondo de biossensores para a captação da variação eletrodérmica dos discentes, variável que oscila com o nível de exaltação do indivíduo (SOLTIS *et al.*, 2020), foi consideravelmente perceptível o engajamento dos alunos ao se depararem com a

SARndbox. No decorrer da atividade, os participantes, divididos em grupos, foram instigados a relembrar os conceitos trabalhados em sala de aula, mas procurou-se mantê-los em um estado de imersão na dinâmica para poderem treinar seu senso de criatividade e aproveitar a experiência multissensorial. Das formas desenhadas na areia, visualizou-se uma diversidade de paisagens (Figura 7) elaboradas a partir de diferentes níveis de trabalho em grupo.

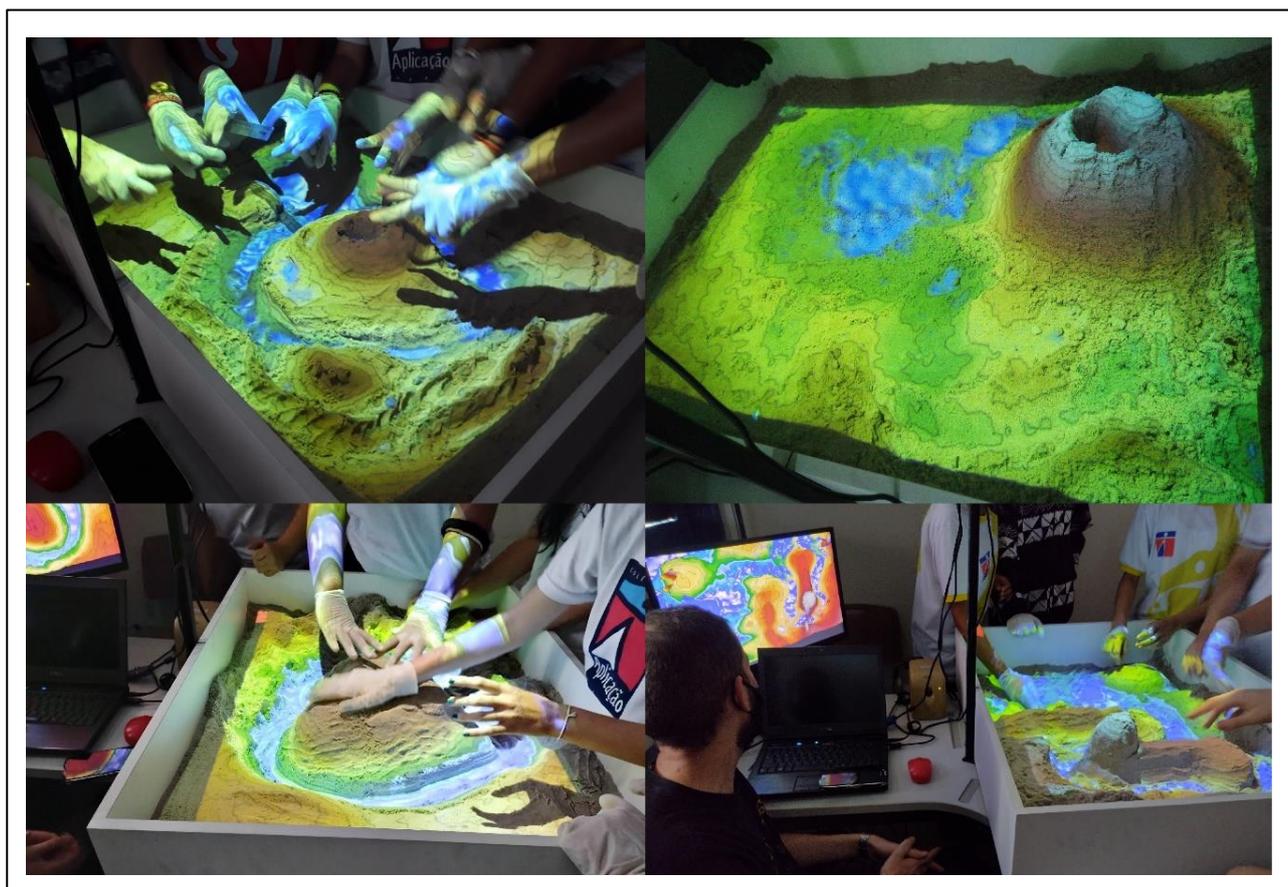


Figura 7 - Diferentes paisagens criadas na SARndbox pelos discentes do 1º ano do Ensino Médio do CAP-UFPE. **Fonte:** Os autores.

A comparação das respostas da atividade com as cartas topográficas e blocos 3D, antes e após a interação com a SARndbox, é mostrada nas tabelas 1 e 2. No que diz respeito às cartas topográficas (Tabela 1), onde o relevo é representado por meio das curvas de nível, essa foi a forma de representação mais facilmente assimilada pelos alunos, diferentemente do que se pensava em relação aos blocos diagramas tridimensionais. Os estudantes demonstraram um bom domínio da percepção em planta, baseada na visão 2D das feições geomórficas expressas pelas curvas de nível.

Tabela 1 - Comparação das respostas da atividade das cartas topográfica antes e após a interação com a SARndbox. As linhas em verde, amarelo e laranja claro indicam as feições em que houve melhora, estabilidade ou piora na quantidade de acertos, respectivamente.

CARTAS TOPOGRÁFICAS (VISÃO 2D)				
Formas de relevo	Antes da SARndbox		Após a SARndbox	
	Acertos	Erros	Acertos	Erros
A1 – Encosta	8	2	9	1
A2 – Morro testemunho	2	8	4	6
A3 – Platô	1	9	4	5
A4 – Vale	7	3	6	4
A5 – Platô	7	3	7	3
A6 – Encosta	7	3	7	3
A7 – Pedimento	0	10	0	10
B1 – Vale	9	1	10	0
B2 – Planície	9	1	10	0
B3 – Tabuleiro conservado	0	0	0	0
B4 – Tabuleiro dissecado	0	10	1	9
B5 – Tabuleiro conservado	0	0	0	0
B6 – Tabuleiro dissecado	3	7	3	7
B7 – Planície	10	0	9	1
C1 – Morros	8	2	8	2
C2 – Planície	9	1	10	0
C3 – Vale	6	4	7	3
C4 – Vale	8	2	8	2
C5 – Planície	7	3	6	4
C6 – Morros	5	5	7	3
Total (200)	106 (53%)	94 (47%)	116 (58%)	84 (42%)

Fonte: Os autores.

A melhoria na taxa de acerto na atividade das cartas topográficas não foi significativa, indo de 53% para 58%, o que representa uma diferença de apenas 5 pontos percentuais. Esse aumento é pouco expressivo em comparação com outros estudos, como o de Hofierka *et al.* (2022), em que a pontuação inicial de 27,6% aumentou para 65,2%. Num primeiro momento, pode-se argumentar que a SARndbox necessita de mais adaptações para promover avanços significativos nos alunos, e que o tempo de interação não foi suficiente para promover mudanças reais. Contudo, os valores iniciais não foram baixos, indicando um bom nível de entendimento dos alunos do 1º ano do Ensino Médio sobre a espacialização e a morfologia do relevo na escola onde se realizou o estudo.

Nos dois momentos de aplicação da atividade, foi notada uma dificuldade dos alunos em interpretar os blocos com a visão do relevo na perspectiva oblíqua (Tabela 2). Apesar

disso, a taxa de acertos, num universo de 180 questões, foi satisfatória em ambos os momentos, permanecendo estática em 58,9%. Na segunda aplicação dos exercícios, houve alterações no entendimento das formas, com algumas aumentando a taxa de acertos, como os morros testemunho e tabuleiros dissecados, e outras diminuindo, como os platôs e os vales. No entanto, os valores finais se contrabalancearam, mantendo a taxa final sem modificações.

Tabela 2 - Comparação das respostas da atividade dos blocos 3D antes e após a interação com a SARndbox. As linhas em verde, amarelo e laranja indicam as feições em que houve melhora, estabilidade ou piora na quantidade de acertos, respectivamente.

BLOCO DIAGRAMA (VISÃO 3D)				
Formas de relevo	Antes da SARndbox		Após a SARndbox	
	Acertos	Erros	Acertos	Erros
A1 – Platô	8	2	7	3
A2 – Platô	8	2	6	4
A3 – Encosta	9	1	8	2
A4 – Pedimento	0	10	0	10
A5 – Vale	1	9	0	10
A6 – Morro testemunho	6	4	9	1
A7 – Encosta	7	3	7	3
B1 – Tabuleiro conservado	0	10	0	10
B2 – Tabuleiro dissecado	1	9	1	9
B3 – Vale	9	1	9	1
B4 – Planície	10	0	10	0
B5 – Tabuleiro dissecado	1	9	2	8
B6 – Planície	10	0	10	0
C1 – Vale	8	2	8	2
C2 – Morros	5	5	5	5
C3 – Morros	7	3	7	3
C4 – Vale	8	2	8	2
C5 – Planície	8	2	9	1
Total (180)	106 (58,9%)	74 (41,1%)	106 (58,9%)	74 (41,1%)

Fonte: Os autores.

Os dados apresentados nos parágrafos anteriores mostram que não houve grandes aumentos nas taxas de acertos nos dois momentos de aplicação das atividades. Evans *et al.* (2018) também observaram resultados semelhantes, apontando um aumento no tempo das atividades de interação dos alunos com a SARndbox como uma possível forma de promover avanços mais significativos no processo de ensino-aprendizagem. É importante

ressaltar que os grupos participantes da atividade tiveram contato com o equipamento por apenas 10 minutos, o que pode ser aumentado em futuras intervenções.

A metodologia para a coleta dos dados também interferiu no resultado final. Apesar de estar se trabalhando com uma metodologia ativa, a qual mescla situações reais do mundo físico-natural com a tecnologia da realidade aumentada, foi pedido aos alunos o preenchimento de fichas impressas. Faz-se necessário a elaboração de um modelo avaliativo que também seja dinâmico e preze por um viés mais qualitativo em detrimento da simplificação quantitativa da análise de taxas de acerto.

O formato de Oficina (laboratório ou *workshop*) se mostra compatível com a SARndbox. Como destaca Anastasiou e Alves (2005), nessa estratégia de ensino-aprendizagem a avaliação leva em consideração, além da participação dos estudantes e demonstração de domínio das habilidades visadas, atividades auto-avaliativas, descritivas e até mesmo a elaboração de produtos. Outras práticas podem se mostrar úteis, conforme o uso de RA no ensino de Geomorfologia for se consolidando e novas demandas se apresentem, exigindo assim cada vez mais o aprimoramento do processo avaliativo.

Feições mais intuitivas, como vales, planícies e morros, foram assimiladas de maneira mais evidente pelos alunos (Figura 8). Além disso, essas formas de relevo são mais evidentes no entorno imediato dos discentes, cujas residências se distribuem pela Região Metropolitana do Recife e alguns municípios próximos situados na Zona da Mata Norte ou Zona da Mata Sul.

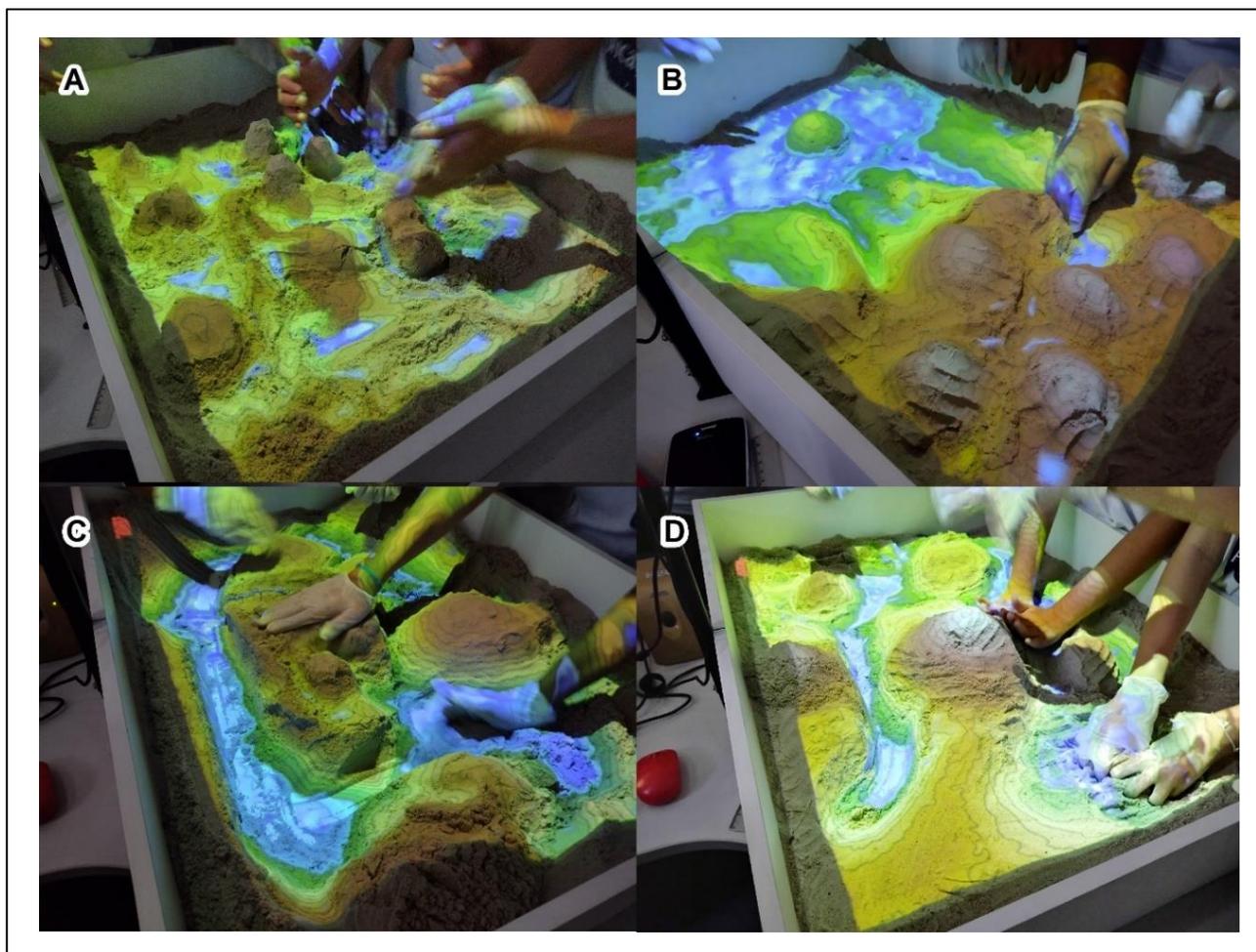


Figura 8 - Formas de relevo trabalhadas em sala de aula transpostas para a SARndbox pelos discentes. A - Morros; B - Planície litorânea; C - Morro testemunho próximo a platô sedimentar; D - Vales dissecado paisagem de morros. **Fonte:** Os autores.

Houve uma significativa dificuldade em abstrair os pedimentos (A7 na Figura 4A; A4 na Figura 4B), bem como em diferenciar tabuleiros dissecados (B3, B4 e B6 na Figura 5A; B2 e B5 na Figura 5B) dos conservados (B3 na Figura 5A; B1 na Figura 5B). A taxa de acertos dessas feições foi praticamente nula (ver Tabela 3).

A dificuldade de entendimento dos pedimentos é algo esperado, considerando que essa feição é comum à região semiárida do Sertão pernambucano, realidade paisagística díspar da conhecida pelos alunos. Distingui-los de uma planície, onde o relevo também varia de plano a suave ondulado, exige uma significativa noção processual, já que é o processo morfogenético predominante que os diferencia.

Com relação aos tabuleiros costeiros, a maioria dos alunos conseguiu identificá-los. Contudo, novamente questões processuais dificultaram a diferenciação entre o modelado conservado e dissecado. Neste caso não é a distinção entre processos, mas a idade e magnitude de uma mesma dinâmica geomorfológica, que é a dissecação. Essas são

noções complexas para a abstração de discentes do ensino médio e até mesmo do nível superior.

Tabela 3 - Comparação das taxas de acerto para as distintas formas de relevo trabalhadas com os discentes em sala de aula. Os valores destacados em verde e amarelo indicam formas em que houve melhora e estabilidade na taxa de acertos, respectivamente. Os valores destacados em laranja mostram as formas onde a taxa de acerto se manteve em 0.

TAXA DE ACERTOS POR FORMA DE RELEVO				
Formas de relevo (total)	Antes da SARndbox		Após a SARndbox	
	Acertos	Erros	Acertos	Erros
Platô (40)	24 (64%)	16 (40%)	24 (64%)	16 (40%)
Morro testemunho (20)	8 (40%)	12 (60%)	13 (65%)	7 (35%)
Encosta (40)	31 (77,5%)	9 (22,5%)	31 (77,5%)	9 (22,5%)
Vale (80)	54 (67,5%)	26 (32,5%)	56 (70%)	24 (30%)
Pedimento (20)	0	20 (100%)	0	20 (100%)
Tabuleiro conservado (30)	0	30 (100%)	0	30 (100%)
Tabuleiro dissecado (40)	5 (12,5%)	35 (87,5%)	7 (17,5%)	33 (82,5)
Morros (40)	25 (62,5%)	15 (37,5%)	27 (67,5%)	13 (32,5%)
B2 – Planície (70)	63 (90%)	7 (10%)	64 (91,43%)	6 (8,57%)
Total (380)	210 (55,6%)	94 (44,74%)	222 (58,42%)	84 (42%)

Fonte: Os autores.

Uma importante questão a ser discutida é como a SARndbox se relaciona com as competências e habilidades instituídas pela Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018). Este conjunto de normativas é o principal norteador das metodologias e práticas de ensino no âmbito da educação básica no Brasil. Com base nas interações visualizadas durante as atividades, identificou os principais componentes da estrutura da BNCC que puderam ser desenvolvidas (Quadro 1). Apesar dos discentes envolvidos serem do Ensino Médio, destacaram-se também algumas proposições para o Ensino Fundamental (Anos Finais) que podem se beneficiar dos modelos de realidade aumentada. Outras temáticas, como às relacionadas à recursos hídricos, uso e cobertura da terra, dentre outros, também podem ser exploradas.

Um dos principais desafios do professor de Geografia é incentivar os alunos a desenvolverem o pensamento espacial, se apropriando do conceito de espaço geográfico e categorias de análise que se ramificam desse. A SARndbox permitiu aos discentes envolvidos trabalharem sua noção espacial a partir de dois vieses distintos. O primeiro desses é o da paisagem, vendo essa não só como uma representação visual estática, mas também como uma entidade sistêmica dotada de uma inerente dinâmica de trocas de

material e energia (TROPMAIR; GALINA, 2006). O simulador hidrológico permitiu a visualização da distribuição da água e sedimentos ao longo de uma bacia hidrográfica.

Quadro 1 - Competências e habilidades que constam na BNCC acerca do uso de tecnologias na análise espacial.

6º ANO - ENSINO FUNDAMENTAL	
UNIDADES TEMÁTICAS	Formas de representação e pensamento espacial.
OBJETOS DE COMHECIMENTO	Fenômenos naturais e sociais representados de diferentes maneiras.
HABILIDADES	(EF06GE09) Elaborar modelos tridimensionais, blocos-diagramas e perfis topográficos e de vegetação, visando à representação de elementos e estruturas da superfície terrestre.
1º ANO - ENSINO MÉDIO	
COMPETÊNCIA GERAL	Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA	Analisar processos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais nos âmbitos local, regional, nacional e mundial em diferentes tempos, a partir da pluralidade de procedimentos epistemológicos, científicos e tecnológicos, de modo a compreender e posicionar-se criticamente em relação a eles, considerando diferentes pontos de vista e tomando decisões baseadas em argumentos e fontes de natureza científica.
HABILIDADES	(EM13CHS106) Utilizar as linguagens cartográfica, gráfica e iconográfica, diferentes gêneros textuais e tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais, incluindo as escolares, para se comunicar, acessar e difundir informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.

Fonte: Elaborada a partir da BNCC (BRASIL, 2018).

Outro conceito que se trabalhou de maneira implícita foi de lugar, em uma percepção de pertencimento e identidade (TUAN, 2012). Alguns dos alunos tentaram reproduzir a configuração geomorfológica dos bairros onde habitam, adaptando assim às formas esculpadas na areia à sua paisagem cotidiana.

É importante destacar algumas dificuldades ao trabalhar com a SARndbox, principalmente as limitações de recursos e materiais das instituições de educação básica no Brasil, especialmente as públicas. A montagem do equipamento requer equipamentos específicos, cujo valor pode não ser adequado à realidade financeira das escolas. Aqui, destaca-se a importância das parcerias entre as instituições de ensino e as universidades, que podem disponibilizar o dispositivo para as práticas das escolas e, em simultâneo, beneficiar-se das experiências de pesquisa e ensino decorrentes desses encontros.

A dificuldade que alguns docentes possuem em relação ao domínio de novas tecnologias também é uma adversidade que pode ser atenuada pela parceria escola-universidade. A implementação da SARndbox exige algumas habilidades básicas em linguagem de programação Python e SIG, conhecimentos que não fazem parte do currículo da maioria dos professores da rede básica de ensino.

O sistema SARndbox também requer interação limitada de um número de estudantes, principalmente em épocas de pandemia global como a atual, o que pode tornar as atividades mais lentas. Contudo, com o planejamento adequado, é possível abranger um número significativo de pessoas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do ponto de vista do engajamento dos discentes, foi perceptível o potencial de uso da SARndbox como recurso de ensino. Ela promoveu uma maior interação entre os alunos, desenvolvendo sua capacidade de trabalho em grupo e estimulando o pensamento espacial. Sua aplicabilidade na Geografia Escolar, especialmente na Geomorfologia, ainda é um campo a ser mais explorado. Durante o presente estudo, foi possível notar uma melhoria tímida, mas significativa no entendimento dos discentes envolvidos acerca das feições geomórficas básicas que estruturam a paisagem.

A ausência de resultados mais expressivos se deve também à natureza da atividade diagnóstica, a qual consistiu de cartas topográficas e blocos diagramas impressos. Experiências futuras devem optar por um processo avaliativo dinâmico, garantindo uma maior compatibilidade entre a metodologia ativa e mensuração real do seu potencial como recurso didático.

No tocante à BNCC, a SARndbox pode ser enquadrada em uma série de competências e habilidades, sobretudo as relacionadas à representação cartográfica dos processos socioambientais. Novas experiências em sala de aula se fazem necessárias para a testagem do equipamento atrelado à conteúdos distintos, como sistemas hidrográficos, recursos hídricos, dinâmica de uso e cobertura da terra, dentre outros.

A prática desenvolvida possibilitou a reflexão sobre definições conceituais e gerou perguntas sobre o uso de tecnologias no ambiente escolar. Primeiramente, é importante destacar que a Geografia Escolar deve rever as conceituações utilizadas em sala de aula, optando por definições intuitivas que sejam facilmente compreendidas pelos alunos. Conceituações complexas, como pedimentos e tabuleiros em seus diferentes níveis de dissecação, podem causar problemas de interpretação até mesmo no âmbito acadêmico e

seu uso deve ser revisado e otimizado. A dinâmica para trabalhar com essas concepções está além de uma simples análise de formas e requer o entendimento da gênese e dos processos atuantes, o que pode ser de difícil abstração por parte dos educandos.

Apesar das dificuldades logísticas, de recursos e de materiais para a implementação, o modelo SARndbox pode se tornar disponível para um público considerável de alunos da rede básica de ensino a partir de parcerias entre escolas e universidades. A cooperação mútua entre escolas e instituições acadêmicas, como ocorreu neste estudo, tem o potencial de promover avanços significativos na pesquisa e no desenvolvimento de práticas e metodologias ativas de ensino.

É importante enfatizar que a tecnologia não deve ser o objetivo final, mas sim um recurso a ser utilizado para alcançar o verdadeiro objetivo, que é a disseminação do conhecimento geográfico de forma coerente e igualitária. As metodologias ativas que integram as novas tecnologias nunca devem ser apresentadas como elementos que visam substituir, mas sim agregar valor às práticas de ensino. O aluno deve se familiarizar com os avanços na era da informação e se apropriar deles, sem perder a satisfação de folhear e sentir o cheiro de um livro novo em suas mãos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES por apoio financeiro dado aos dois primeiros autores na forma de bolsa de pesquisa de doutorado.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 160p.

ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula**. 5. ed. Joinville: UNIVILLE, 2005. 145p.

BARBOZA, J. P. M.; RONDINI, C. A. Tecnologia no ensino de Geografia: uma reflexão acerca do uso do aplicativo “LandscapAR” no ensino-aprendizagem de curvas de nível. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 79, p. 39-55, 2020.

BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, 2011.

BOS, D.; MILLER, S.; BULL, E. Using virtual reality (VR) for teaching and learning in geography: fieldwork, analytical skills, and employability. **Journal of Geography in Higher Education**, Taylor & Francis, p. 1-10, 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. 600p.

CARVALHO, J. M. J.; LIAO, T. Realidade Aumentada e Interdisciplinaridade: O uso do aplicativo LandscapAR no Ensino de Matemática e Geografia. **EaD em Foco**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 1-13, 2020.

EVANS, M. *et al.* Can the augmented reality sandbox help learners overcome difficulties with 3-D visualisation? **Terrae Didactica**, Campinas, v. 14, n. 4, p. 389-394, 2018.

GEORGE, R.; HOWITT, C.; OAKLEY, G. Young children's use of an augmented reality sandbox to enhance spatial thinking. **Children's Geographies**, v. 18, n. 2, p. 209-221, 2020.

HOFIERKA, J. *et al.* A tangible landscape modelling system for geography education. **Education and Information Technologies**, Springer, v. 27, n. 2, 2022.

KREYLOS, O. **Augmented Reality Sandbox**. 2012. Disponível em: <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>. Acesso em: 10 mai. 2022.

MEZZOMO, M. D. M.; KAWAMOTO, A. L. S.; BRAZ, G. A. G. **Manual de instalação, configuração e uso da Caixa de Areia de Realidade Aumentada (SARndbox)**: versão atualizada. Campo Mourão: Nova História Assessoria e Gestão Cultural, 2020. 58p.

NAWAZ, M.; KUNDU, S. N.; SATTAR, F. Augmented Reality Sandbox and constructivist approach for Geoscience teaching and learning. **International Journal of Educational and Pedagogical Sciences**, v. 11, n. 6, p. 1603-1606, 2017.

OLIVEIRA, E. A.; OLIVEIRA, R. C. S. O uso do aplicativo LandscapAR como recurso pedagógico para o ensino de Geografia. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 10, n. 22, p. 100-114, 2019.

PEREIRA, J. S.; SILVA, R. G. S. O ensino de geomorfologia na educação básica a partir do cotidiano do aluno e o uso de ferramentas digitais como recurso didático. **Revista de Ensino de Geografia**, Uberlândia, v. 3, n. 4, p. 69-79, 2012.

PETRASOVA, A. *et al.* **Tangible modeling with open source GIS**. 2. ed. Cham: Springer, 2018. 202p.

SANTOS, R. S. *et al.* Aplicação da SARndbox no ensino de Geomorfologia. **Revista de Geografia (Recife)**, Recife, v. 35, n. 4, p. 83-91, 2018.

SOLTIS, N. A. *et al.* A novel approach to measuring student engagement while using an augmented reality sandbox. **Journal of Geography in Higher Education**, v. 44, n. 4, p. 512-531, 2020.

SZABÓ, J. Anthropogenic Geomorphology: subject and system. In: SZABÓ, J; DÁVID, L.; LÓCZY, D. (Eds.). **Anthropogenic Geomorphology: a guide to man-made landforms**. Dordrecht: Springer, 2010. p. 3-10.

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M. H. Geossistemas. **Mercator**, Fortaleza, v. 5, n. 10, p. 79-89, 2006.

TUAN, Y. F. **Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio**. Londrina: Eduel, 2012. 342p.

UTFPR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. **Projeto SARndbox**. UTFPR-CM cria rede de colaboração denominada Rede Sarndbox Brasil. 2021. Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/noticias/campo-mourao/projeto-sarndbox>. Acesso em: 03 mai. 2022.

UTTAL, D. H.; MILLER, D. I.; NEWCOMBE, N. S. Exploring and enhancing spatial thinking: links to achievement in science, technology, engineering, and mathematics? **Current Directions in Psychological Science**, v. 22, n. 5, p. 367–373, 2013.

Recebido: 10.02.2023
Aceito: 24.04.2023