

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG**  
**CENTRO DE HUMANIDADES – CH**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE GEOGRAFIA – UAG**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE GEOGRAFIA EM**  
**REDE NACIONAL - PROFGEO**

**CAIXA DE AREIA 3.0 COM REALIDADE AUMENTADA PARA O**  
**ENSINO POR PRÁTICAS DE GEOGRAFIA DE TEMÁTICAS**  
**FÍSICO-NATURAIS**

**Luydh Marthnelly de Sousa**

**CAMPINA GRANDE - PB**

**2024**

**Luydh Marthnelly De Sousa**

**CAIXA DE AREIA 3.0 COM REALIDADE AUMENTADA PARA O  
ENSINO POR PRÁTICAS DE GEOGRAFIA DE TEMÁTICAS  
FÍSICO-NATURAIS**

Trabalho de conclusão de curso na modalidade material pedagógico, apresentado como requisito parcial para obtenção de Título de Mestre pelo programa de Mestrado Profissional em Ensino de Geografia (PROFGEO), sob orientação do Prof. Dr. Luiz Eugênio Pereira Carvalho - UFCG, Campina Grande/PB.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eugênio Pereira Carvalho.

**Área de concentração:** Ensino de Geografia.

**Linha de pesquisa:** Saberes e conhecimentos da geografia no espaço escolar.

CAMPINA GRANDE – PB

2024

S725c

Sousa, Luydh Marthnelly de.

Caixa de areia 3.0 com realidade aumentada para o ensino por práticas de geografia de temáticas físico-naturais / Luydh Marthnelly de Sousa. – Campina Grande, 2024.

128 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Humanidades, 2024.

"Orientação: Prof. Dr. Luiz Eugênio Pereira Carvalho, Profa. Dra. Angélica Mara de Lima".

Referências.

1. Geografia – Estudo e Ensino. 2. Temáticas Físico-Naturais do Espaço Geográfico. 3. Realidade Aumentada – Ensino – Práticas de Geografia. I. Carvalho, Luiz Eugênio Pereira. II. Lima, Angélica Mara de. III. Título.

CDU 911(07)(043)

**Luydh Marthnelly de Sousa**

**CAIXA DE AREIA 3.0 COM REALIDADE AUMENTADA PARA O  
ENSINO POR PRÁTICAS DE GEOGRAFIA DE TEMÁTICAS  
FÍSICO-NATURAIS**

Trabalho de conclusão de curso na modalidade material pedagógico, apresentado como requisito parcial para obtenção de Título de Mestre pelo programa de Mestrado Profissional em Ensino de Geografia (PROFGEO), sob orientação do Prof. Dr. Luiz Eugênio Pereira Carvalho - UFCG, Campina Grande/PB.

Aprovada em 15 de agosto de 2024.

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** LUIZ EUGENIO PEREIRA CARVALHO  
Data: 18/09/2024 09:42:32-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luiz Eugênio Pereira Carvalho  
Dias Orientador – UFCG

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ANGELICA MARA DE LIMA DIAS  
Data: 23/09/2024 12:09:18-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Angélica Mara de Lima  
Coorientadora – UFCG

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** SERGIO MURILO SANTOS DE ARAUJO  
Data: 18/09/2024 09:53:05-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Sérgio Murilo Santos de Araújo  
Examinador Interno - PROFGEO/UFCG

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** RANYERE SILVA NOBREGA  
Data: 23/09/2024 15:05:09-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ranyere Silva Nóbrega  
Examinador Externo - UFCG

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** JEANE MEDEIROS SILVA  
Data: 24/09/2024 00:04:59-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Jeane Medeiros Silva  
Examinadora Externa – UFU

CAMPINA GRANDE - PB, 2024.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, dirijo minha profunda gratidão ao divino, ao único e verdadeiro Deus, o arquiteto do universo, criador dos céus, da terra, dos mares e de tudo o que neles reside. É d'Ele a orientação e a vontade maior que trilha este caminho. Estendo meus sinceros agradecimentos à minha estimada família, um abrigo para a tempestade, cujo apoio e inspiração foram fundamentais em cada passo desta jornada.

Expresso minha gratidão à Universidade Federal de Campina Grande, instituição de excelência possibilitada em meu caminho por Deus por meio de percursos particularmente transcendentais à minha compreensão, nela encontrei não apenas conhecimento, mas também crescimento acadêmico, profissional e, sobretudo, pessoal. Um reconhecimento especial ao corpo docente, pilares deste programa, cuja dedicação, sabedoria e profissionalismo possibilitaram a realização deste Mestrado. Vocês são verdadeiros faróis, modelos, cada um à sua maneira, que acertadamente contribuíram para reafirmar o papel da Geografia em nossa sociedade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz Eugênio Pereira Carvalho, expresso minha particular gratidão. Sua experiência e paciência foram fundamentais nessa jornada. Mais que um professor, você foi um verdadeiro mentor ao longo de todo o processo.

Por fim, aos meus colegas de percurso, integrantes desta que é orgulhosamente a primeira turma deste programa de Mestrado, no qual compartilhamos desafios, superações e conquistas. Cada um de vocês foram fundamentais para esta experiência ser tão enriquecedora e memorável. Minha jornada foi significativamente melhor pela nossa camaradagem e apoio mútuo.

A todos, meu mais sincero e profundo obrigado!

## **LISTA DE SIGLAS**

AR - Realidade Aumentada (do inglês Augmented Reality)

EFAF - Ensino Fundamental Anos Finais

GIS - Sistema de Informações Geográficas (do inglês Geographic Information System)

GPS - Sistema de Posicionamento Global (do inglês Global Positioning System)

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICT - Tecnologias da Informação e Comunicação (do inglês Information and Communication Technology)

IDEB - Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

LIDAR - Detecção e Distância por Luz (do inglês Light Detection and Ranging)

MEC - Ministério da Educação

PBL - Aprendizagem Baseada em Problemas (do inglês Problem-Based Learning)

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

SR - Sensoriamento Remoto

STEM - Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (do inglês Science, Technology, Engineering, and Mathematics)

TIC - Tecnologias da Informação e Comunicação

UFMG - Universidade Federal de Campina Grande

VA - Virtualidade Aumentada

VR - Realidade Virtual (do inglês Virtual Reality)

RV - Virtualidade Real (do inglês Real Virtuality)

## LISTA DE FIGURAS

01 - Tabuleiro Geológico - (Caixa de areia 1.0)	27
02 - Experimento de chuva de Gabaglia / Piezoelétrico	28
03 - <i>Continuum</i> de Milgram e Kishino	29
04 - Sensor 3D (Kinect)	31
05 - AR Sandbox (Caixa de areia 2.0)	31
06 - Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada	32
07 - Mapa conceitual 1: Fenômenos Litosféricos representáveis na caixa de areia	36
08 - Mapa conceitual 2: Fenômenos Hidrosféricos representáveis na caixa de areia	38
09 – Miniventiladores	39
10 - Mapa conceitual 3: Fenômenos Atmosféricos representáveis na caixa de areia	41
11 - Fachada da Escola Municipal José Mesquita (EMJM)	44
12 - Mapa de Localização da Escola Municipal José Mesquita – EMJM	46
13 - Versão original da Caixa de Areia 2.0 com Realidade Aumentada	47
14 - Placa controladora (Arduino)	52
15 - Servo motor e motor de passo	53
16 - Cristal piezoelétrico para nebulização de água	54
17 - Adaptador para Kinect	56
18 - Resultado da adaptação	56
19 - Conexão do Kinect ao cabo USB e entrada de alimentação	57
20 - Adaptação do cabo da fonte	59
21 - Suportes móveis e parafusos borboletas	61
22 - Base da estrutura fixada na caixa de madeira	61
23 - Suporte do projetor	63
24 - Fixação do Kinect	63
25 - Equipamento de nebulização acoplado ao projeto	64
26 - Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada	65
27 - Tampa feita com núcleo de madeira da furação	67
28 - Sistema de circulação de ar	68
29 - Minibomba de água integrada ao projeto	68
30 - Conhecendo e manipulando o projeto	74
31 - Demonstração acerca de dobramentos antigos e modernos	76

32 - Formas de relevo e as curvas de nível	79
33 - Simulação do relevo oceânico e correntes marinhas	83
34 - Demonstração acerca do ciclo da água a partir da evaporação dos oceanos	85
35 - Simulação do efeito orográfico	88
36 - Simulação brisa marítima e continental	90
37 - Apresentação do projeto no Instituto Santos Dumont	94

## LISTA DE QUADROS

01 - Plano de aula 01 - As Temáticas físico-naturais do espaço geográfico	73
02 - Plano de aula 02 - Fenômenos Litosféricos - Tectônica de placas	75
03 - Plano de aula 03 - Fenômenos Litosféricos - As formas do relevo	78
04 - Plano de aula 04 - Fenômenos Exógenos do Relevo	80
05 - Plano de aula 05 - Fenômenos hidrosféricos: Correntes Marítimas e o Fenômeno da Ressurgência	82
06 - Plano de aula 06 - Fenômenos hidrosféricos: o ciclo da água	84
07 - Plano de aula 07 - Fenômenos Atmosféricos - Tipos de chuva	87
08 - Plano de aula 08 - Fenômenos Atmosféricos - Circulação das massas de ar	89

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTOS DO ENSINO ATIVO NA GEOGRAFIA	20
2.1 O Ensino de Geografia por meio de atividades práticas	20
2.2 O ensino ativo na Geografia do século XXI	22
3 DO TABULEIRO GEÓLOGO POR RAJA GABAGLIA À TECNOLOGIA DA REALIDADE AUMENTADA	25
4 TEMÁTICAS FÍSICO-NATURAIS DO ESPAÇO GEOGRÁFICO REPRESENTÁVEIS NA CAIXA DE AREIA	34
4.1 Fenômenos Litosféricos	34
4.2 Fenômenos Hidrosféricos	34
4.3 Fenômenos atmosféricos	39
5 A CONSTRUÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO	43
5.1 Definições metodológicas	43
5.2 Projeto Base: A Caixa de Areia 2.0 com Realidade Aumentada	45
5.2.1 Possibilidades de adequação para o Ensino de Geografia	48
6 ADEQUAÇÃO DE HARDWARES PARA A VERSÃO 3.0	50
7 DA EXPERIÊNCIA ÀS RECOMENDAÇÕES DE USO	69
7.1 Sequência didática e sugestões de uso do material	69
7.1.1 Introdução aos Fenômenos Litosféricos	71
7.1.2. Fenômenos Hidrosféricos	80
7.1.3 Fenômenos Atmosféricos	85
7.2 Avaliação e análise da experiência	90
8 CONCLUSÃO	95
9 REFERÊNCIAS	99
APÊNDICES	
APÊNDICE 1 Sequência Didática 1 – As Temáticas físico-naturais do Espaço Geográfico experienciadas com a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada - Fenômenos Litosféricos	
APÊNDICE 2 - Sequência Didática 2 – As Temáticas físico-naturais do Espaço Geográfico experienciadas com a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada - Fenômenos Hidrosféricos	

APÊNDICE 3 - Sequência Didática 3 – As Temáticas físico-naturais do Espaço Geográfico experienciadas com a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada - Fenômenos Atmosféricos

APÊNDICE 4 - MANUAL DE INSTALAÇÃO DE SOFTWARES DO PROJETO

## RESUMO

A integração da tecnologia de Realidade Aumentada (AR) no Ensino de Geografia por meio de atividades práticas é uma estratégia alternativa para o engajamento de estudantes e professores no estudo ativo das Temáticas físico-naturais do espaço geográfico. Como tradição na disciplina, promover a conexão sensorial e interativa entre os alunos e o conteúdo a ser ministrado é fazer da escola um espaço propício para a produção científica de conhecimentos. É sob esta perspectiva que o trabalho aqui desenvolvido propõe a adaptação e o uso deste tipo de tecnologia para a criação de um produto didático alinhado ao currículo oficial de Geografia. O principal objetivo, portanto, é construir uma Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada para a promoção do Ensino de Geografia por meio de atividades práticas. A metodologia envolveu a construção e o uso da caixa de areia em aulas de Geografia com estudantes do Ensino Fundamental, Anos Finais da Escola Municipal José Mesquita, localizada na zona rural do município de Macaíba-RN. Dialogando com a supracitada tradição, o produto desta construção consiste no aprimoramento do “Tabuleiro Geológico” (popularizado por Raja Gabaglia na década de 1920) pela associação à versão atual, ano de 2024, da caixa de areia de Realidade Aumentada (*AR Sandbox*). Ambos os projetos são a base para uma nova versão denominada de Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada, por ser uma junção aprimorada e, nesta feita, capaz de simular uma gama ainda maior dos já conhecidos fenômenos litosféricos e hidrosféricos dos modelos anteriores, mas trazendo, como inovação, nessa atualização, a simulação conjunta dos fenômenos atmosféricos, proporcionando a apresentação de uma perspectiva holística acerca das temáticas físico-naturais do espaço geográfico. Os resultados indicam que esta integração da Realidade Aumentada ao Ensino de Geografia tem o potencial de transformar atividades pedagógicas essencialmente tradicionais em aulas práticas de fato, as quais exigem dos alunos e professores não apenas uma constante reinvenção, mas a rebeldia objetivamente contrária à precarização do ensino público no Brasil.

**Palavras-Chave:** Ensino de Geografia por meio de práticas; Realidade Aumentada; Temáticas físico-naturais do Espaço Geográfico.

## ABSTRACT

Practical didactic activities can incorporate the integration of Augmented Reality (AR) technology into Geography Education, serving as an alternative strategy for engaging both students and teachers in the active study of physical-natural themes related to geographic space. As is traditional in the discipline, promoting a sensory and interactive connection between students and the content to be taught helps build a favorable structure within schools for the scientific production and learning of knowledge. From this perspective, this research proposed adapting and utilizing this type of technology to create a didactic tool aligned with the Geography Education curriculum. Therefore, the main objective was to develop a "3.0 Augmented Reality Sandbox" to promote Geography Education. The methodology referenced the construction and use of the sandbox in Geography lessons with middle school students (Final Years) at José Mesquita Municipal School, located in the rural area of Macaíba (State of Rio Grande do Norte, Brazil). In dialogue with the tradition, the product of this project enhanced the "Geological Board" (popularized by Raja Gabaglia in the 1920s) by associating it with the current (2024) version of the Augmented Reality Sandbox (AR Sandbox). Both projects serve as the foundation for a new version called the "3.0 Augmented Reality Sandbox," as it is an improved combination capable of simulating a broader range of known lithospheric and hydrospheric phenomena from previous models. This update brings innovation by simultaneously simulating atmospheric phenomena, providing a holistic perspective on the physical-natural themes of geographic space. The results indicate that this integration of Augmented Reality into Geography Education has the potential to transform essentially traditional pedagogical activities into genuinely practical lessons, requiring both students and teachers to engage in constant reinvention, as well as a rebellion that objectively opposes the deterioration of public education in Brazil.

Keywords: Geography Education through practice; Augmented Reality; Physical-natural themes of Geographic Space.

# 1 INTRODUÇÃO

O Ensino de Geografia tem passado por transformações significativas especialmente no que diz respeito à popularização de metodologias ativas e ao uso de tecnologias educacionais. Na busca por uma aprendizagem mais participativa e contextualizada, este ensino tende a trazer os estudantes à centralidade de todo um processo educacional, valorizando-os na posição de protagonistas na construção do conhecimento (Dias; Pereira; Carvalho, 2020). Essas mudanças estão relacionadas aos momentos de valorização e esquecimento de parte das concepções de ensino que se conectam diretamente às demandas do movimento da sociedade ao longo do tempo, ou seja, resgatando tradições pedagógicas do ensino desta disciplina. Nesse sentido, o professor de Geografia se torna um agente estratégico no trabalho de desenvolvimento das metodologias que convertem em recursos didáticos as tecnologias do mundo contemporâneo.

No contexto público do ensino básico de Geografia, a adesão à inovação tecnológica se limita também ao seu nível de obsolescência, pela qual torna-se acessível, pois na ausência estrutural de um estímulo à popularização do uso destas tecnologias em sala de aula, recai sobre os professores a responsabilidade de fazê-la. Nesse contexto, a busca por abordagens e o emprego de tecnologias específicas para o ensino da disciplina tornam-se essenciais para aprimorar as metodologias tradicionais e fortalecer o processo de ensino-aprendizagem. Assim, acreditamos ser importante a reflexão acadêmica sobre propostas metodológicas e de desenvolvimento de recursos didáticos que dialoguem com a dinâmica tecnológica atual.

Este trabalho contribui, portanto, com o registro de possibilidades metodológicas com uso de recursos didáticos desenvolvidos a partir da aplicação de novas tecnologias. Alternativas como a construção de uma Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada<sup>1</sup> ganha relevância. Por meio de representações concretas e interativas dos fenômenos naturais; os estudantes podem vivenciar de forma mais próxima e envolvente o conteúdo abordado em sala de aula. Ao adotar essa abordagem, os professores tornam-se mediadores e facilitadores do processo de ensino-aprendizagem, possibilitando aos alunos uma experiência rica e colaborativa.

---

<sup>1</sup> O termo 3.0 refere-se à fase técnica geracional do produto. Realidade Aumentada (RA), por sua vez, combina elementos virtuais com elementos relativos ao ambiente físico, atuando esse conjunto em tempo real.

A adoção de tecnologias educacionais, como a Realidade Aumentada, representa uma promissora frente de inovação pedagógica. A capacidade dessas tecnologias de proporcionar experiências de aprendizado imersivas e interativas abre novas possibilidades para o ensino de disciplinas complexas, como a Geografia. Ao permitir que os alunos visualizem e interajam com conceitos geográficos de maneira concreta e lúdica, a Realidade Aumentada tem o potencial de tornar o aprendizado mais significativo e memorável, alinhando-se às demandas por uma educação que prepare os jovens para os desafios do futuro.

Ao serem bem utilizados pelo professor, esses recursos podem atuar como ferramentas facilitadoras na construção do conhecimento dos estudantes. Por meio de abordagens que fomentam o pensamento crítico, a reflexão e a participação dos alunos, os Materiais Didáticos favorecem uma aprendizagem colaborativa. Esses materiais tornam o processo de ensino-aprendizagem uma jornada conjunta entre docente e discentes, na qual o conhecimento é construído e compartilhado de forma efetiva e duradoura, como uma interface entre o professor e o aluno na transmissão do conhecimento de forma estratégica e integrada ao processo pedagógico: possibilita-se potencializar as práticas educacionais, proporcionando aos estudantes uma experiência de aprendizagem efetiva.

No âmbito acadêmico, particularmente no contexto do programa de mestrado, esta pesquisa/construção se posiciona como uma contribuição para o avanço do entendimento acerca da aplicação de tecnologias no currículo escolar de Geografia. Por meio do desenvolvimento de materiais didáticos como a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada, visa-se proporcionar uma experiência de aprendizagem interativa para os estudantes. Esta abordagem não apenas beneficia os alunos em seu contexto imediato, mas também serve como um modelo replicável e adaptável para outras realidades educacionais, tanto urbanas quanto rurais.

A utilização da Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada não apenas estimula o pensamento crítico e a criatividade dos alunos, mas também os prepara para um mundo cada vez mais tecnológico e interconectado. Além disso, a adaptabilidade do material didático às necessidades de alunos com diferentes estilos de aprendizagem e capacidades reforça o compromisso com uma educação inclusiva.

Em resumo, a relevância desta pesquisa transcende o contexto imediato da sala de aula. Ela se propõe a contribuir para a formação de cidadãos mais informados, críticos e engajados, capazes de compreender e interagir com o mundo de maneira mais efetiva. Ao

mesmo tempo, almeja-se que este trabalho sirva de inspiração e guia para futuras iniciativas educacionais, promovendo uma transformação positiva e duradoura no Ensino de Geografia.

Em um panorama educacional que demanda constante atualização e adaptação às novas realidades e necessidades dos alunos, o papel do professor se destaca como um pilar central na mediação do conhecimento. A transição para abordagens pedagógicas que priorizam o protagonismo discente na construção de seu aprendizado coloca o educador em uma posição de orquestrador desse processo, não mais como o detentor exclusivo do saber, mas como um guia capaz de direcionar, incentivar e facilitar a jornada educativa de cada estudante.

Nesse contexto, a eficácia das estratégias educacionais implementadas em sala de aula depende não apenas da habilidade, criatividade e disposição do professor em adaptar-se às novas dinâmicas de ensino, mas também das condições de trabalho e do suporte oferecido pela escola e pelas políticas públicas. A capacidade de identificar, propor e aplicar alternativas inovadoras que atendam às especificidades e aos interesses dos alunos torna-se um diferencial na prática docente, mas isso só é viável em um ambiente que proporciona os recursos e o apoio necessários. É essencial que os professores recebam formação adequada, infraestrutura e incentivo para enfrentar desafios, resolver problemas e explorar novas possibilidades pedagógicas. Portanto, a responsabilidade pela qualidade do ensino não deve recair exclusivamente sobre os professores, mas também sobre o sistema educacional que deve garantir as condições adequadas para o trabalho docente.

A análise dos resultados mais recentes do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) destaca a urgência de renovar as práticas pedagógicas no cenário educacional brasileiro. A estagnação das médias nacionais em áreas fundamentais como matemática, leitura e ciências sugere a necessidade de uma reflexão profunda não apenas sobre os métodos de ensino tradicionalmente empregados, mas também sobre o histórico de políticas educacionais, a alocação de recursos, a formação dos docentes e o suporte institucional. Para dinamizar o processo educativo e melhorar o desempenho e o engajamento dos estudantes, é crucial que haja um esforço coordenado entre políticas públicas eficazes, investimentos adequados em infraestrutura e formação contínua dos professores – condições necessárias para possibilitar novas metodologias de ensino. Assim, a responsabilidade pela melhoria da educação deve ser compartilhada por todos os atores envolvidos no sistema educacional.

Diante do exposto, assume-se como questão central para o desenvolvimento da pesquisa a seguinte pergunta: como aproveitar a tecnologia de Realidade Aumentada para desenvolver um recurso didático adaptado especificamente para as aulas de Geografia? Reconhece-se, contudo, que a introdução de tecnologias educacionais avançadas no Ensino de Geografia enfrenta barreiras. Estas incluem desde limitações curriculares até resistência a novas metodologias de ensino. Parte desta construção se dedica, portanto, a explorar estratégias para superar tais obstáculos, facilitando a integração de práticas pedagógicas inovadoras no currículo escolar.

Quando obtemos sucesso na conversão de tecnologias em materiais didáticos, favorece-se a construção do conhecimento de forma completa. Permite-se ao estudante estabelecer conexões entre os novos conceitos e seu conhecimento prévio, tornando a aprendizagem mais contextualizada e relevante para sua realidade. Além disso, esses recursos podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como trabalho em equipe e comunicação, ou habilidades cognitivas, como o pensamento crítico, fundamentais para a formação integral do indivíduo.

Para direcionar todo o trabalho como uma proposta reativa à problemática acima suscitada, foi elaborado o seguinte objetivo geral: construir uma Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada para a promoção do Ensino de Geografia por meio de atividades práticas alinhadas com o uso de recursos didáticos desenvolvidos a partir da aplicação de novas tecnologias.

E para nos auxiliar neste objetivo central, elaboramos os seguintes objetivos específicos:

- Compreender a tradição e as potencialidades que precederam a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada, sob a perspectiva de um recurso didático para o Ensino de Geografia
- Caracterizar o ambiente escolar onde o material foi construído levando em consideração aspectos como infraestrutura, perfil dos estudantes e recursos disponíveis.
- Indicar adaptações e usos da Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada.

- Sistematizar as novas funcionalidades do material didático de modo a alinhá-las às competências e habilidades do currículo oficial de Geografia do estado do RN para o 6º ano do fundamental, anos finais.

Do ponto de vista social, esta pesquisa aborda a democratização do conhecimento em Geografia. Ao tornar os materiais didáticos mais acessíveis e adaptáveis, busca-se garantir a igualdade de acesso à educação de qualidade. Esse aspecto é crucial, pois o conhecimento geográfico é fundamental para a compreensão de questões globais prementes, como as mudanças climáticas e a gestão sustentável dos recursos naturais.

A presente construção é particularmente impulsionada pela necessidade de responder a desafios contemporâneos na educação. Enquanto professor do EFAF em uma escola pública e rural, é perceptível a disparidade de recursos em comparação a outros estabelecimentos de ensino, o que impacta diretamente na qualidade da aprendizagem dos estudantes inseridos no contexto; logo, propor soluções que sejam também economicamente viáveis a este tipo de escola é comprovar que, mais do que intencionalidades, é preciso recursos para o ensino público.

Neste aspecto o desenvolver do Capítulo 2 que trata dos “Fundamentos do Ensino Ativo na Geografia”, aprofunda o debate teórico. Dividido em duas partes, primeiro é explorado como a Geografia é marcada historicamente pelo uso de atividades práticas, desde as ideias pioneiras de Pestalozzi e Ritter até a contribuição de educadores brasileiros como Rui Barbosa e Delgado de Carvalho. Depois, a discussão avança para o século XXI, examinando as metodologias ativas no ensino de Geografia e os desafios que surgem com a incorporação de tecnologias educacionais em sala de aula. Este capítulo não apenas fornece a base conceitual para a pesquisa, mas também mostra como o ensino ativo de Geografia se desenvolve junto ao próprio processo de consolidação da disciplina.

No Capítulo 3 – Do Tabuleiro Geológico por Raja Gabaglia à Tecnologia da Realidade Aumentada, traz um olhar para alguns marcos históricos pertinentes ao trabalho. Aqui é tratada da evolução dos recursos didáticos no ensino de Geografia, destacando as contribuições de Raja Gabaglia, que, com seu tabuleiro geológico, pavimentou o caminho para a integração de tecnologias mais modernas. A narrativa segue para discutir o conceito de Realidade Aumentada e sua aplicação no ensino, culminando na apresentação da caixa de areia 3.0. Aqui, o leitor entende a ponte entre as práticas tradicionais e as possibilidades inovadoras proporcionadas pela tecnologia no contexto educacional.

O capítulo seguinte, Capítulo 4 – Temáticas Físico-Naturais do Espaço Geográfico Representáveis na Caixa de Areia, mergulha nas aplicações práticas do material desenvolvido. Dividido em três seções, o texto explora os fenômenos litosféricos, hidrosféricos e atmosféricos que podem ser representados na caixa de areia. O leitor é guiado por mapas conceituais que ilustram como essa ferramenta pode ajudar os alunos a visualizar e compreender os processos naturais que moldam o planeta. O capítulo detalha as potencialidades da caixa em simular fenômenos como a tectônica de placas, o ciclo da água e a formação de chuvas, oferecendo uma experiência de aprendizado concreta e interativa.

No Capítulo 5 – A Construção do Material Didático, o leitor é levado aos bastidores da criação da caixa de areia 3.0. A abordagem metodológica é detalhada, justificando a escolha da escola participante e as especificidades do ambiente em que o material foi aplicado. A seção destaca como a caixa de areia 2.0 foi adaptada e aprimorada para integrar recursos como sensores Kinect e pastilhas piezoelétricas, ampliando suas funcionalidades e tornando-a uma ferramenta mais completa para o ensino prático de Geografia.

O Capítulo 6 – Adequação de Hardwares para a Versão 3.0 é uma extensão direta do capítulo anterior, trazendo uma descrição técnica das etapas necessárias para aprimorar a caixa de areia. Aqui, o leitor conhece os detalhes da integração de diversos componentes tecnológicos, como miniventiladores, pastilhas piezoelétricas e controladores, que possibilitam a representação dinâmica de diferentes fenômenos geográficos. Este capítulo reforça a ideia de que a combinação entre recursos físicos e digitais pode transformar a forma como se ensina e aprende Geografia.

Avançando para a prática, o Capítulo 7 – Da Experiência às Recomendações de Uso relata as experiências de aplicação do material didático em sala de aula. Na primeira parte, são descritas as sequências didáticas elaboradas, cada uma abordando fenômenos específicos – litosféricos, hidrosféricos e atmosféricos. Em seguida, o capítulo apresenta uma avaliação dessas atividades, refletindo sobre os impactos na compreensão dos alunos, os desafios enfrentados e as possíveis melhorias para a implementação da ferramenta de ensino.

Na reta final, o Capítulo 8 – Conclusão reúne as reflexões finais da pesquisa, avaliando a eficácia da caixa de areia 3.0 e seu potencial como uma ferramenta pedagógica inovadora. O leitor é levado a considerar as possibilidades de expansão deste projeto para outros contextos educacionais, percebendo o valor da Realidade Aumentada para tornar o ensino de Geografia alinhado com parte das demandas contemporâneas.

O trabalho se encerra com o Capítulo 9 – Referências, que apresenta um conjunto abrangente de fontes bibliográficas. Estas referências fundamentam tanto as metodologias quanto as análises desenvolvidas ao longo do estudo, estabelecendo um diálogo com a vasta literatura sobre ensino de Geografia e tecnologias educacionais.

Nos Apêndices são apresentadas as sequências didáticas completas, oferecendo um guia detalhado de como utilizar a caixa para ensinar temas físico-naturais do espaço geográfico. Para tanto, no último apêndice é encontrado um manual detalhado para a instalação dos softwares da caixa de areia 3.0.

## **2 FUNDAMENTOS DO ENSINO ATIVO NA GEOGRAFIA**

### **2.1 O Ensino de Geografia por meio de atividades práticas**

A complexa relação entre as ideias pedagógicas de Pestalozzi e sua influência na obra geográfica de Johann Georg Ritter ganha vida por meio das análises de Capel (2007). O renomado professor deixou uma marca indelével na pedagogia ao destacar a intuição, observação e compreensão gradual como elementos essenciais do aprendizado. Capel destaca como Ritter, em sua obra "Erdkunde", e em outras contribuições geográficas, incorporou e expandiu esses princípios de aprendizado, transformando a maneira como a Geografia era ensinada e compreendida.

A influência de Pestalozzi sobre Ritter é ilustrada de maneira vívida por meio do conceito de "tipo", uma pedra angular da pedagogia pestalozziana. Capel analisa como Ritter aplicou esse conceito à Geografia, permitindo uma categorização e comparação mais eficazes das unidades geográficas. Essa abordagem não apenas facilitou a análise comparativa das regiões, mas também enriqueceu a compreensão das características geográficas subjacentes. Além disso, Capel explora a interseção entre as ideias de Pestalozzi e a produção cartográfica de Ritter. A ênfase de Pestalozzi na visualização intuitiva é discernível nas representações cartográficas de Ritter, que não só eram precisas, mas também se tornaram ferramentas pedagógicas eficazes, permitindo que os alunos se envolvessem com os conceitos geográficos de forma mais profunda e acessível. Capel também destaca a admiração de Ritter por Pestalozzi como um educador com valores enraizados e preocupação social, livre de influências racionalistas. Isso ecoava na visão de Ritter sobre a educação geográfica como uma ferramenta para capacitar todas as camadas da sociedade.

O método indutivo de ensino proposto por Pestalozzi estava em contraposição ao ensino tradicional, que privilegiava a memorização e a transmissão passiva de conhecimento. Ele propôs uma abordagem baseada na observação, na experimentação e na interação direta com o ambiente, incentivando os alunos a tirarem conclusões por si mesmos a partir das experiências vivenciadas. Esse método priorizava a aprendizagem ativa, a construção de conceitos a partir de exemplos concretos e a adaptação do ensino às necessidades individuais dos alunos (Capel, 2007, p. 37).

No contexto brasileiro, Rui Barbosa desempenhou um papel fundamental na disseminação e implementação das ideias pestalozzianas. Rui Barbosa, um intelectual multifacetado do final do século XIX, notabilizou-se por sua defesa da educação pública de qualidade e pela luta pelos direitos civis e sociais. Ele defendeu a adoção do método indutivo nas escolas brasileiras. Sua atuação em prol da reforma educacional contribuiu para uma abordagem mais prática e centrada no aluno. Posteriormente, Delgado de Carvalho desempenhou um papel essencial no avanço dessas abordagens no contexto brasileiro (Rego; Dias; Carvalho, 2017).

Delgado de Carvalho, influenciado por Pestalozzi e pelo pensamento escolanovista, introduziu métodos de ensino que enfatizavam a observação, a pesquisa e a análise. De acordo com Silva (2012), seu enfoque no ensino prático e no desenvolvimento de habilidades analíticas representou uma ruptura com as abordagens tradicionais do Ensino de Geografia, direcionando o estudo para a valorização da realidade nacional, da história e da Geografia do Brasil. Essa abordagem nacionalista visava à formação de cidadãos engajado com os interesses do país, de modo a ser considerada demasiadamente conformista. Veremos na próxima seção, como essas ideias continuam influenciando a prática docente ao longo dos anos subsequentes e como, atualmente, à esta escrita, elas se reformulam e se renovam no espaço escolar.

A virada do século XX testemunhou uma transição paradigmática nas práticas educacionais. A Geografia, como disciplina, também sentiu o impacto dessas mudanças metodológicas e pedagógicas. A década de 1920 foi especialmente marcante nesse contexto, com intelectuais notáveis como Delgado de Carvalho e Raja Gabaglia desempenhando papéis cruciais na redefinição do Ensino de Geografia. A orientação escolanovista, intrínseca à proposta de mudança, desafiou as abordagens consideradas tradicionais, em que o professor detinha o monopólio único do conhecimento e o aluno atuava como um receptor passivo (Rego; Dias; Carvalho, 2017).

A incorporação de recursos didáticos nesse contexto foi uma peça-chave da transformação metodológica. A obra de Gabaglia (192-) representa um marco nessa evolução. A proposta de utilizar recursos como o tabuleiro geológico e o mapa em relevo visava estimular a compreensão tangível dos conceitos geográficos. Esses recursos não apenas visualizavam abstrações complexas, mas também encorajaram a observação detalhada e a interpretação analítica.

A interação direta com esses recursos ampliou a compreensão dos alunos sobre a materialização dos fenômenos geográficos, forjando um entendimento enraizado em experiências práticas. Conseqüentemente, a análise crítica foi incentivada, à medida que os alunos eram capacitados a explorar as nuances do espaço geográfico. A abordagem contextualizada também foi reforçada, uma vez que os recursos conectam os conceitos geográficos com os ambientes em que os alunos estavam inseridos. O legado desses pioneiros ecoa até a atualidade, reforçando a importância de uma educação geográfica que se baseie na participação ativa, no pensamento crítico e na contextualização, a fim de formar cidadãos informados e engajados com os complexos desafios do mundo contemporâneo.

## **2.2 O ensino ativo na Geografia do século XXI**

As contribuições de Dewey (1979a;1979b) desempenharam um papel fundamental no avanço do Ensino de Geografia no Brasil. Sob sua perspectiva, emergiu uma reconfiguração epistemológica para a Geografia enquanto disciplina escolar, alicerçada no pensamento reflexivo e na interconexão da matéria com a vivência cotidiana. A visão renovada de Geografia promovida por Dewey assumiu uma posição de destaque como modelo a ser adotado oficialmente. Esse status foi alcançado notavelmente por meio da colaboração de figuras influentes no âmbito educacional, a exemplo de Delgado de Carvalho, que habilmente sintetizou a abordagem geográfica concebida por Dewey para fins de instrução (Moram, 2014).

A promoção de uma aprendizagem ativa requer a realização de atividades que não apenas assegurem a participação dos alunos, mas também garantam a relevância dessas atividades. É imperativo estabelecer uma conexão intrínseca entre as atividades propostas e os objetivos de aprendizagem, de modo a estimular a reflexão como resultado. Enquanto o aluno se mantém receptivo ao ouvir, ele está simultaneamente gerando suas próprias hipóteses, interiorizando conhecimentos e teorias. No entanto, essa abordagem de formular hipóteses e de engajamento na escuta, se realizada exclusivamente pelo aluno ou de maneira em que o professor não acompanhe a evolução do pensamento do aluno, não garante a realização de uma aprendizagem verdadeiramente ativa (Morais, 2010); é essencial que tanto o docente quanto o discente estejam engajados cognitivamente por meio de métodos que transcendam a mera audição passiva.

Conforme abordado por Tuna (2012), essa aprendizagem apresenta atributos

distintos que moldam a sua natureza, estabelecendo uma série de tarefas educacionais caracterizadoras: a aprendizagem colaborativa se configura como um dos pilares, englobando a participação conjunta de múltiplos alunos no processo de construção do conhecimento. Essa modalidade exige a troca constante de ideias e interações entre os estudantes, desencadeando um ambiente propício ao aprendizado.

Ao abraçar a individualização do aprendizado, a mudança no papel do professor e a adaptação de currículos ao paradigma de reprodução social, essas abordagens pedagógicas aparentemente se encaixam nas tendências atuais. Entretanto, essa convergência não é isenta de complexidade. A adaptação aos imperativos mercantis da educação não apenas desencadeia uma transformação em suas intenções originais, mas também coloca em perspectiva uma realidade paradoxal. Enquanto foram concebidas para empoderar alunos e promover uma aprendizagem profunda, as metodologias ativas agora podem inadvertidamente intensificar a subordinação e a alienação dos profissionais da educação (Albuquerque *et al.*, 2021).

Em tal contexto, a chave é incitar os alunos a participarem ativamente em tarefas práticas e estimulá-los a refletir sobre essas atividades. Outro elemento distintivo é o *continuum* de tarefas que abrange desde atividades elementares até desafios mais complexos. Esse processo gradativo requer uma progressão no uso das funções cognitivas dos alunos, avançando gradualmente de tarefas mais simples para empreendimentos intelectualmente mais exigentes. A instrução direta fornecida pelos professores e a subsequente atuação dos alunos são componentes cruciais (Moran, 2014).

O conhecimento, no âmago, é assimilado de forma singular. Os alunos internalizam e sistematizam o aprendizado oriundo do grupo, construindo uma compreensão pessoal. Em resumo, a aprendizagem ativa, apesar de ser fomentada em um ambiente coletivo, é intrinsecamente uma trajetória singular.

A atual conjuntura educacional tem sido profundamente moldada pela crescente mercantilização e financeirização da educação (Albuquerque *et al.*, 2021), fenômenos que vêm exercendo um impacto marcante na manutenção e no fortalecimento das chamadas metodologias ativas. Originárias no final do século XIX, essas metodologias adquiriram uma nova relevância à luz do paradigma de acumulação flexível que caracteriza nossa era. À primeira vista, pode parecer paradoxal que abordagens pedagógicas desenvolvidas em um período em que a ênfase recai sobre o aprendizado mais engajado e centrado no estudante

estejam se tornando cada vez mais enraizadas em um sistema educacional moldado pela lógica do mercado.

No entanto, a compreensão se desenha ao analisar como essas metodologias têm sido assimiladas e adaptadas às demandas emergentes. A incessante busca pelo lucro e pela eficiência tem levado a uma maior prescrição e controle nas esferas educacionais, resultando em um panorama no qual a educação é cada vez mais submetida aos ditames do mercado. Essa transformação encontra nessas metodologias uma maneira aparentemente harmoniosa de se concretizar (Albuquerque *et al.*, 2021).

Portanto, o cenário contemporâneo aponta para um entrelaçamento complexo entre as metodologias ativas e as forças mercantis que moldam a educação. Enquanto tais abordagens mantêm seu potencial para inspirar e capacitar os alunos, também enfrentam a tarefa desafiadora de preservar sua integridade no contexto de um sistema educacional cada vez mais orientado pelo mercado (Albuquerque *et al.*, 2021). Essas abordagens se adaptam às condições estruturais vigentes, fornecendo uma resposta às demandas do mercado educacional. No entanto, essa adaptação igualmente as transforma em agentes que podem aprofundar a subordinação e a alienação dos profissionais da educação.

As metodologias ativas, inicialmente concebidas para promover uma aprendizagem mais envolvente e centrada no aluno, são, paradoxalmente, incorporadas no sistema educacional como um meio para atender às necessidades da mercantilização e financeirização da educação. Nesse cenário, podem contribuir para a intensificação dos processos de subordinação e alienação dos educadores, que muitas vezes são compelidos a adotar abordagens de ensino que se alinham mais às exigências de mercado do que às melhores práticas pedagógicas.

### **3 DO TABULEIRO GEÓLOGO POR RAJA GABAGLIA À TECNOLOGIA DA REALIDADE AUMENTADA**

A elaboração do material didático, apresentada neste trabalho, é guiada por uma abordagem de alinhamento técnico, teórico e metodológico com o contexto do Ensino de Geografia nas escolas. Isso abrange não somente a consideração das tecnologias contemporâneas disponíveis, mas também uma reflexão sobre a influência significativa de Raja Gabaglia no desenvolvimento e na reprodução de diversos dispositivos educacionais.

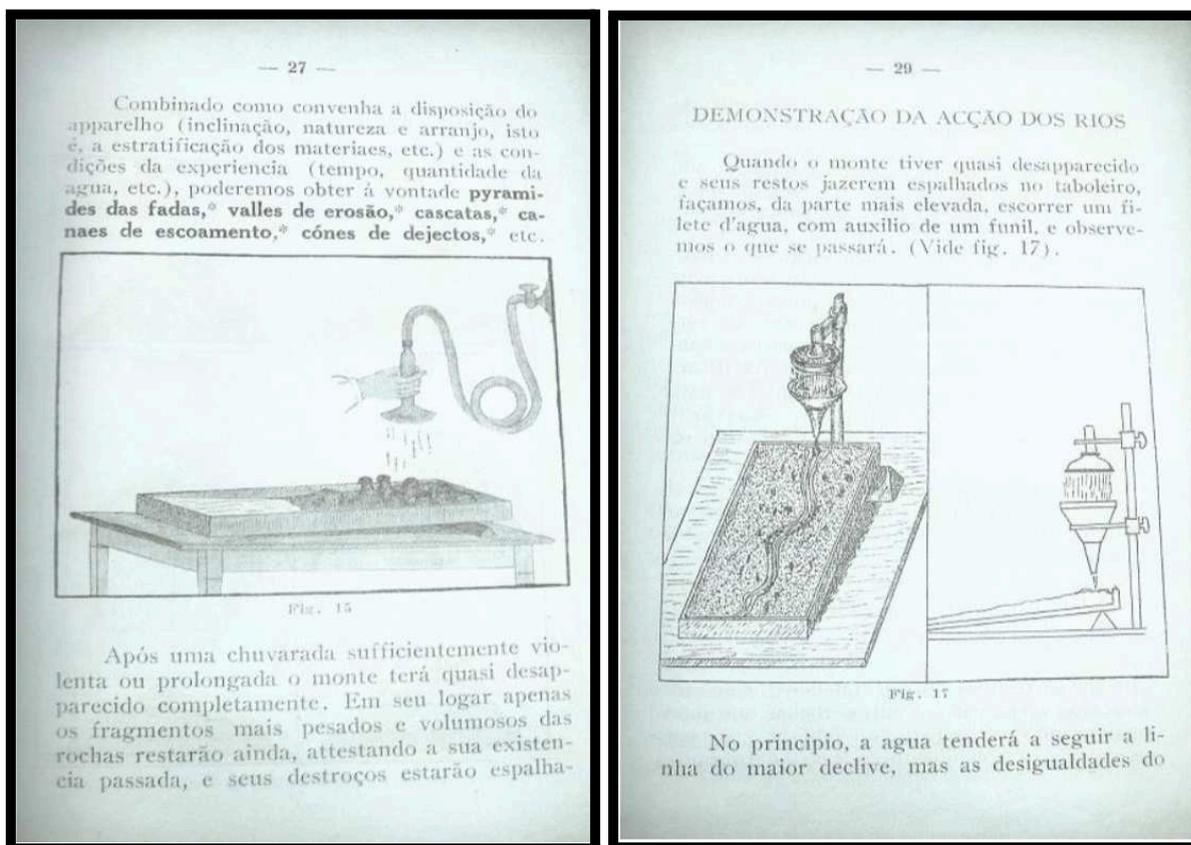
Esses dispositivos não apenas inspiram a concepção da Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada, mas também desempenham um papel importante no aprimoramento contínuo desse recurso. Ao considerar Gabaglia (192-), podemos identificar uma linha de continuidade entre suas proposições de equipamentos educativos e a concepção da Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada. A ênfase na experiência prática, na experimentação e na observação direta, que foram marcas distintivas das contribuições de Gabaglia, também encontra eco na essência da Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada como uma ferramenta para o Ensino de Geografia.

Na seção intitulada "Experiências sobre a ação das águas no modelado da terra", Raja Gabaglia empreende uma abordagem experimental com o propósito de ilustrar de maneira empírica o impacto das águas no relevo terrestre. Isso é realizado por meio da utilização de uma estrutura confeccionada em madeira revestida com zinco, contendo uma composição de areia, pedras e água. Com o intuito de realizar essas demonstrações de forma eficaz, o material é equipado não apenas com componentes hidráulicos destinados à simulação de chuvas, mas também inclui instrumentos que viabilizam a emulação da erosão fluvial, elevando o potencial didático dessa abordagem como pode ser visto na Figura 01.

Como é apresentado acima, o tabuleiro geológico criado por Gabaglia utilizava equipamentos hidráulicos para demonstrar processos geológicos como erosão, transporte e deposição de sedimentos. Este método analógico permitia uma observação direta e tangível dos fenômenos geológicos em um modelo físico. No entanto, com os avanços tecnológicos, é possível representar esses fenômenos de forma mais complexa e integrada utilizando a Realidade Aumentada (RA). Conforme descrito por Milgram (1994), a RA não se limita a uma relação unidirecional entre o real e o virtual. Pelo contrário, propõe uma integração

sistemática entre a materialidade e a virtualidade, na qual ambos os elementos se influenciam mutuamente para criar uma experiência mais compreensível e rica em informações.

Figura 01 - Tabuleiro Geológico - (Caixa de areia 1.0)

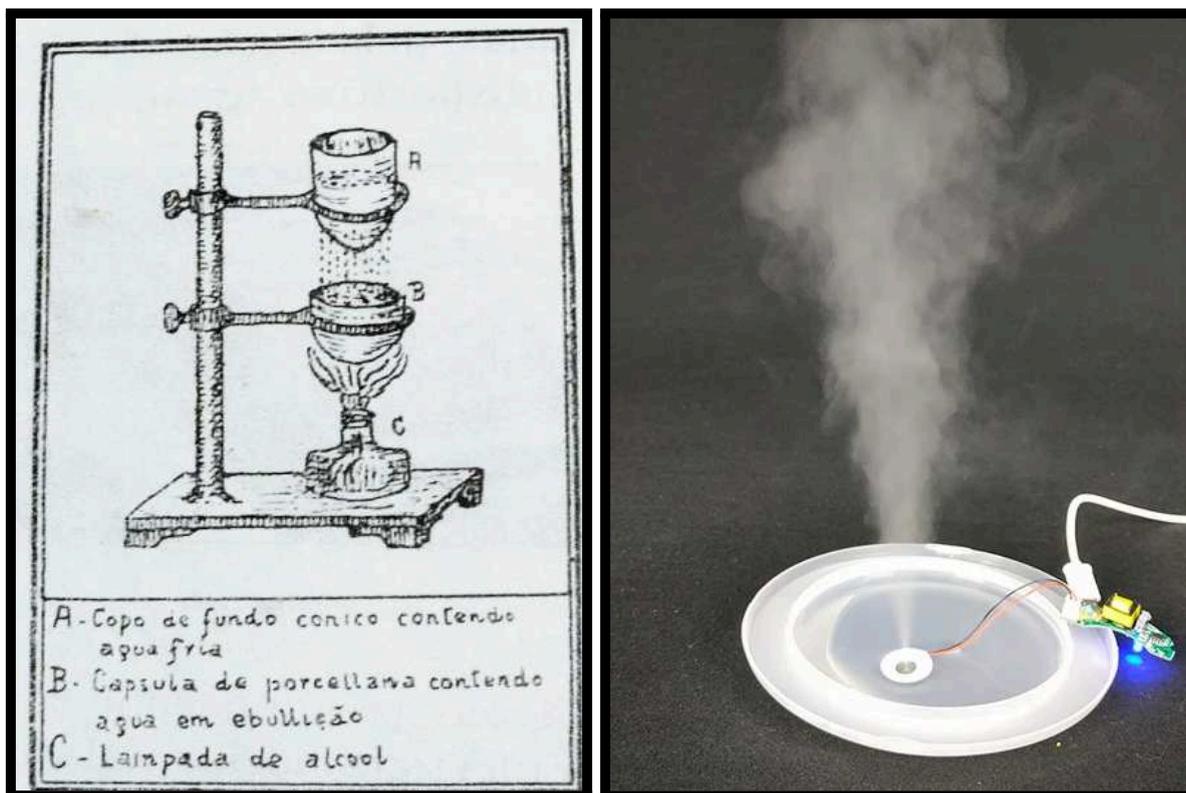


Fonte: Gabaglia, (192-), apud Rego; Dias; Carvalho (2017).

Outro importante experimento, também proposto por Gabaglia, que contribui para o processo de aprimoramento da Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada, se refere aos fenômenos relacionados à evaporação, condensação e precipitação do vapor de água, por meio de aquecimento simples para a representação da chuva e do próprio ciclo hidrológico. Como pode ser visto na Figura 02, o autor se utiliza da fonte térmica de uma lâmpada de álcool, uma cápsula de porcelana contendo água líquida e um copo com fundo côncavo, no qual a lâmpada aquece a cápsula de porcelana, fazendo com que a água entre em ebulição e suba na forma de vapor para condensar-se no fundo do copo, voltando a se liquefazer, e precipitando de volta para a cápsula. Esses equipamentos clássicos conseguem representar a dinâmica da água na atmosfera, e podem ser substituídos por equipamentos com maior nível tecnológico, a exemplo das chamadas pastilhas piezoelétricas, as quais utilizam, ao invés de

calor, vibrações de ultra frequência (acima dos 20 Khz) para provocar a separação das moléculas da água, e assim produzir uma névoa de diferentes densidades e, por fim, acrescentando a vantagem de ser um equipamento mais seguro e sustentável.

Figura 02 - Experimento de chuva de Gabaglia / Piezoelétrico



Fonte: Gabaglia, (192-) apud Rego; Dias; Carvalho (2017), e Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

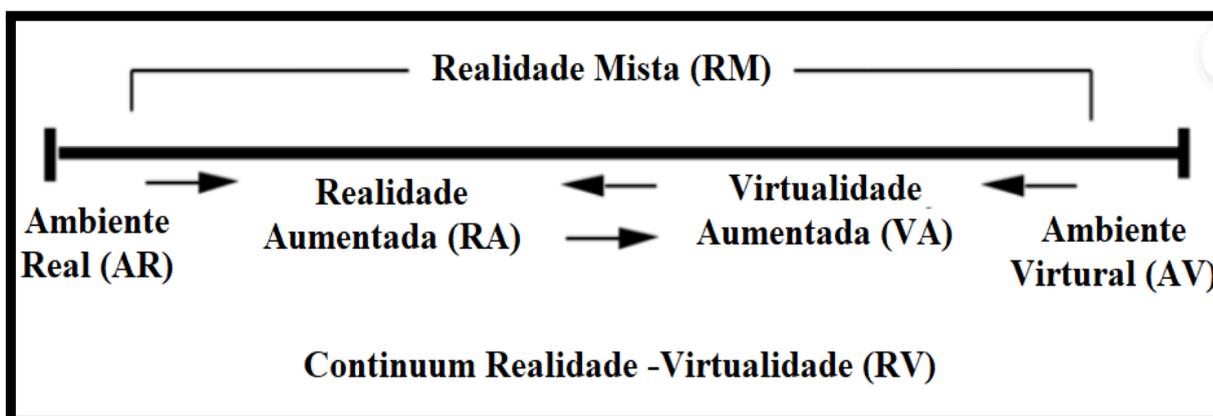
Apesar de suas contribuições significativas, é importante ressaltar que o legado dos equipamentos propostos por Raja Gabaglia não foi efetivamente integrado à tradição do Ensino de Geografia. Em grande medida, práticas tradicionais, ancoradas em métodos mnemônicos têm prevalecido como a abordagem predominante nas salas de aula. Essa tendência, muitas vezes, resulta na perda de oportunidades valiosas de explorar o potencial das práticas contextualizadas no Ensino de Geografia. Neste trabalho, a construção da Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada permeia inspirações nas contribuições de Gabaglia e, ao incorporar tecnologias de diferentes níveis, busca justamente reverter essa dinâmica, oferecendo uma alternativa que ressoa com as necessidades de uma educação geográfica mais

envolvente e contextualizada.

Ao longo das últimas décadas, testemunhamos o notável desenvolvimento da Realidade Aumentada, uma tecnologia que transcendeu as fronteiras do imaginável e nos trouxe um novo olhar sobre a interação entre o mundo real e o virtual. Os primeiros indícios desses dispositivos surgiram por volta de 1960, quando o pesquisador Ivan Sutherland apresentou um capacete de visão de ótica direta rastreado, abrindo caminho para a visualização de objetos tridimensionais em nosso ambiente cotidiano. Essa visão precursora, que ecoa nos óculos de Realidade Virtual mais recentes, deu início a uma revolução tecnológica que continuou a evoluir ao longo dos anos. Não muito tempo depois, na década de 1980, a Força Aérea dos Estados Unidos materializou o primeiro projeto de Realidade Aumentada ao desenvolver um simulador de cockpit de avião, trazendo à tona uma nova dimensão de possibilidades para o mundo da tecnologia e da educação (Kirner; Kirner, 2011).

Como desenvolvimento teórico do tema, o *Continuum* de Milgram (1994) traz referência para um conceito que está relacionado à classificação e dimensionamento, quanto à tensão entre as bases próprias dos ambientes mediados pelo aparato tecnológico variável. O autor, em colaboração com Fumio Kishino, propôs uma escala contínua que se desenrola entre ambientes totalmente reais (Realidade Real) e ambientes totalmente virtuais (Realidade Virtual), como pode ser visto na Figura 03

Figura 03 - *Continuum* de Milgram e Kishino



Fonte: Milgram (1994).

Na extremidade realista, temos a Realidade Real, que corresponde ao nosso ambiente físico e cotidiano, sem qualquer sobreposição ou intervenção digital. Na outra extremidade,

encontramos a Realidade Virtual, que é um ambiente completamente simulado e virtual, no qual os usuários estão imersos em um mundo criado digitalmente. Entre esses dois extremos existem diversas possibilidades de combinação entre o mundo real e o mundo virtual.

É nesse ponto que as tecnologias de realidade mista atuam, oferecendo diferentes níveis de interação entre o ambiente real e os elementos virtuais. O *continuum*, portanto, é uma referência para classificar o material didático proposto nessa construção como tecnologia de Realidade Aumentada por mesclar elementos tangíveis da realidade concreta com elementos digitalizados e virtuais, e compreender a relação entre a realidade e a virtualidade em diferentes aplicações. Ele auxilia na categorização dos dispositivos e sistemas que combinam elementos do mundo real com elementos gerados digitalmente, permitindo aos pesquisadores e desenvolvedores compreenderem melhor as potencialidades e limitações dessas tecnologias em diferentes contextos de uso.

Em 2003, um marco significativo em direção à tecnologia da Realidade Aumentada, mediadora dessa tensão, descrita acima, crescia exponencialmente, quando pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology Media Lab* conceberam o *SandScape*. Esse projeto permitiu a análise detalhada da arquitetura paisagística ao utilizar materiais físicos contínuos, como a areia, e incorporar o Laser Scanner Minolta Vivid-900 ao processo (Savova, 2016).

Os estudantes Peter Altman e Robert Eckstein, da University of West Bohemia, na República Tcheca, foram pioneiros ao criar o *SandyStation*, a primeira Caixa de Areia 2.0 com Realidade Aumentada, que empregava o sensor Kinect (Figura 04) da Microsoft (Liszewski, 2011).

O Kinect, com preço acessível, comumente comercializado como um periférico para videogames, marcou um avanço extraordinário na democratização da tecnologia 3D em ambiente educacional, tornando-a mais acessível a uma ampla gama de instituições e indivíduos.

A AR Sandbox (Kreylos, 2020), ilustrada na Figura 05, exemplifica essa integração ao projetar a dinâmica hídrica diretamente sobre a areia. Essa projeção virtual interage com o modelo físico de areia, permitindo que os usuários visualizem e manipulem as mudanças topográficas em tempo real. Esta versão não apenas dispensa a utilização de água e equipamentos hidráulicos, mas também amplia a capacidade de compreensão dos processos geológicos ao proporcionar uma interface interativa que combina o mundo físico com a

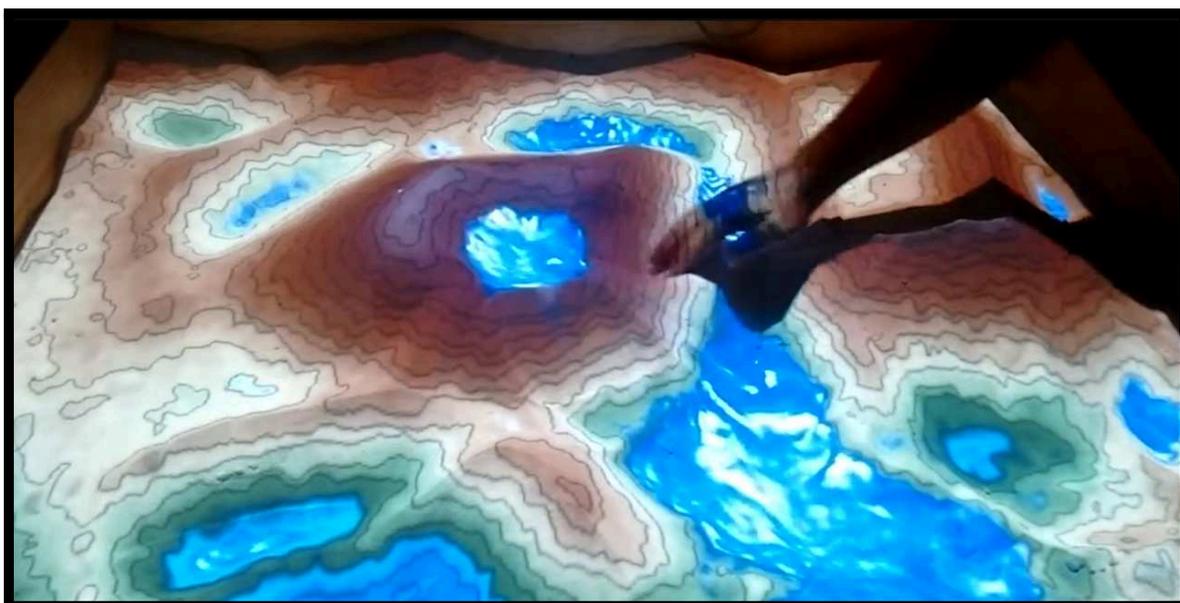
visualização digital. Essa combinação operacionaliza o ensino, tornando os conceitos inteligíveis, especialmente em ambientes educacionais com muitos alunos.

Figura 04 - Sensor 3D (Kinect)



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

Figura 05 - AR Sandbox (Caixa de areia 2.0)



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2022.

No contexto educacional brasileiro, a relevante contribuição de Cunha *et al.* (2016) merece destaque, pois foram pioneiros ao apresentar o primeiro manual em língua portuguesa para a instalação e a utilização do projeto de Caixa de Areia 2.0 com Realidade Aumentada. Essa iniciativa se mostrou de extrema importância para possibilitar a disponibilidade da tecnologia em território nacional, tornando-se a versão amplamente adotada em diversos trabalhos analisados na pesquisa bibliográfica.

Nossa construção compreende a adoção do modelo já estabelecido, pois reconhecemos sua eficácia e relevância no contexto educacional. No entanto, visamos dar um passo além, introduzimos adaptações tecnológicas que permitem a concretização de uma prática didática automatizada, focalizando os fenômenos de dinâmica físico-natural que são essenciais para compreender nosso planeta.

A caixa de areia original, ou "Caixa de Areia 1.0", como mostrado na Figura 01, utilizava materiais físicos como água e areia em combinação com equipamentos hidráulicos para simular processos geológicos. Essa abordagem analógica permitia aos alunos observarem diretamente as interações entre a água e o relevo em um modelo tangível. Com a introdução da AR Sandbox, ou "Caixa de Areia 2.0", representada na Figura 05, a simulação geológica avançou para incluir elementos digitais. A "Caixa de Areia 3.0" vai além, promovendo uma síntese ainda mais profunda entre o analógico e o digital.

Figura 06 - Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada



**Fonte:** Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Para esse modelo mais recente, a relação é fundamental para a compreensão dos processos geológicos e sua aplicação educacional. A Figura 06 apresenta a "Caixa de Areia 3.0", que simboliza a evolução e a integração dos métodos tradicionais com tecnologias contemporâneas de Realidade Aumentada.

Em vez de simplesmente substituir métodos tradicionais por tecnologias de ponta, esta versão busca integrar o melhor de ambos os mundos. A combinação de técnicas analógicas, como o uso de areia física para modelagem de relevo, com a capacidade de visualização e manipulação digital em tempo real, proporciona uma ferramenta educativa que aproveita a tangibilidade do antigo e a flexibilidade do novo. Sobre isso, dedicaremos como assunto na próxima seção, discutindo como a utilização sistemática deste material didático pode contribuir para a prática docente que seja estimuladora do raciocínio científico.

#### **4 TEMÁTICAS FÍSICO-NATURAIS DO ESPAÇO GEOGRÁFICO REPRESENTÁVEIS NA CAIXA DE AREIA**

Para esquematizar os conceitos relacionados às temáticas físico-naturais do espaço geográfico, foram organizados três mapas conceituais abrangendo os fenômenos litosféricos, hidrosféricos e atmosféricos, respectivamente. A criação desses mapas conceituais visa facilitar a compreensão dos processos naturais que moldam o planeta, proporcionando uma estrutura visual clara e lógica sobre os principais conceitos abordados. Cada mapa foi construído com base na referência bibliográfica previamente apresentada neste trabalho, levando em consideração as inter-relações entre os fenômenos selecionados e sua importância no estudo da Geografia.

Nesse sentido, levaremos em consideração o que destaca Suertegaray (2002) na tentativa de consolidar uma visão holística da Geografia, criticando a noção fragmentada quando se fala em Geografia Física, destacando sua inadequação para lidar com as complexas questões sociais contemporâneas. Nesse contexto, a autora propõe uma reformulação epistemológica da Geografia, que parta da análise da interação entre ser humano e natureza. Uma das questões centrais que Suertegaray levanta é da pertinência do termo "Geografia Ambiental" e a argumentação de que essa denominação é inadequada, pois classifica a própria Geografia. A autora defende uma visão do espaço geográfico como uma entidade complexa que integra diversas categorias e conceitos, todos interligados e evolutivos ao longo do tempo. A relação entre natureza e sociedade é um tema recorrente na discussão, enfatizando que o ser humano é um ser social, e historicamente construído, cujas diferentes concepções de mundo estão ligadas às múltiplas abordagens da questão ambiental.

A autora destaca a necessidade de compreender essa relação e a importância de analisar como a sociedade interage com o ambiente. As concepções evolutivas da natureza na Geografia também são abordadas, desde o determinismo geográfico até a visão fenomenológica/hermenêutica, que não separa o ser humano do ambiente, considerando-os como uma única entidade interligada. A necessidade de reconexão com a natureza é ressaltada com a compreensão de que o corpo social faz parte da natureza e que a exploração excessiva da mesma afeta diretamente a sociedade. Enfatizando a importância de superar a visão

fragmentada da Geografia Física, busca-se uma abordagem conjuntiva que considere a relação entre sociedade e natureza de modo uníssono.

No mapa conceitual dos fenômenos litosféricos, por exemplo, são representadas as principais forças e processos que atuam na crosta terrestre, como a tectônica de placas, vulcanismo, terremotos e a formação de relevos. Este mapa busca destacar a dinâmica interna da Terra e sua manifestação na superfície, conectando conceitos como subducção, deriva continental e processos erosivos. O mapa dos fenômenos hidrosféricos aborda os ciclos da água, a distribuição dos corpos d'água no planeta, e os processos que afetam os sistemas fluviais, lacustres, marinhos e subterrâneos. Com ele, busca-se ilustrar a circulação hidrológica, com ênfase nas interações entre evaporação, precipitação, infiltração e escoamento, e como esses processos influenciam o clima, os ecossistemas e a vida humana. Por fim, o mapa conceitual dos fenômenos atmosféricos explora os processos que ocorrem na atmosfera terrestre, como a formação de correntes de ar, precipitações, fenômenos climáticos e meteorológicos. Este mapa destaca a importância das camadas da atmosfera, os movimentos convectivos e os padrões climáticos globais, além de fenômenos como *El Niño*, ciclones e a influência da radiação solar nos sistemas climáticos.

#### **4.1 Fenômenos Litosféricos**

Nosso entendimento de relevo terrestre concorda com o que é considerado por Moraes (2011), isto é, como o conjunto das formas aparentes da superfície da terra, resultado da interação constante de duas forças fundamentais: as forças endógenas, que são os agentes internos da Terra, e as forças exógenas, que atuam como agentes externos em nosso planeta. Essas duas forças desempenham papéis opostos na configuração do relevo, tornando a topografia da Terra incrivelmente diversificada e não uniforme.

Conforme evidenciado no esquema da Figura 07, compreenderemos as forças endógenas que operam de dentro da Terra como a tectônica de placas, o movimento das placas tectônicas, o vulcanismo e a atividade sísmica. Essas forças têm a tendência de elevar a superfície terrestre, criando montanhas majestosas, cordilheiras e outras elevações geográficas imponentes.

Essas forças são responsáveis pela formação de cadeias montanhosas como os Andes, os Himalaias e as Montanhas Rochosas. Por outro lado, as forças exógenas são os agentes externos que atuam na superfície da Terra. De acordo com Ross (1990, 1991), essas

forças incluem processos como a erosão causada pela água, vento, gelo e ação química. As forças exógenas têm o efeito oposto das endógenas, desgastando o relevo e erodindo as formações geológicas. Ao longo do tempo geológico, criam vales profundos, planícies extensas, planaltos e outras feições de baixa altitude. A interação contínua dessas forças opostas modela a topografia terrestre. As forças endógenas criam saliências e elevações, enquanto as forças exógenas atuam para atenuar ou erodir essas saliências. O resultado é uma paisagem diversificada, com uma ampla gama de altitudes e formas. Essa diversidade altimétrica da Terra é uma característica marcante da geografia do nosso planeta.

Figura 07 - Mapa conceitual 1: Fenômenos Litosféricos representáveis na caixa de areia



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Os alunos tiveram a oportunidade de observar como as placas tectônicas interagem e causam o enrugamento e a elevação das camadas rochosas, levando à formação de montanhas e cadeias de montanhas. Essa abordagem dinâmica e automatizada proporcionará uma experiência mais imersiva e realista, permitindo que os estudantes compreendam melhor os processos geológicos que moldam a litosfera. Além da formação dos dobramentos rochosos, a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada também pode ser utilizada para representar a deriva continental e a tectônica de placas. Os alunos poderão observar como os continentes se movimentam ao longo do tempo geológico, interagindo com as placas tectônicas e resultando

na configuração atual dos continentes e oceanos.

Essa simulação possibilitará uma compreensão mais profunda da dinâmica da litosfera e das mudanças que ocorrem na superfície terrestre ao longo de milhões de anos. Essa construção integradora, que combina elementos da geologia, tectônica de placas e geomorfologia, permite que os alunos façam conexões entre diferentes processos geológicos e compreendam como eles se relacionam na formação da paisagem terrestre.

A incorporação da dinâmica de formação de dunas também realizada por Gabaglia (192-) à Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada é uma adição que enriquece ainda mais as possibilidades de aprendizado no campo da Geografia. A adaptação da caixa para simular esse fenômeno geológico permite aos alunos explorarem de maneira prática e interativa como as dunas são formadas e como são influenciadas por diferentes fatores ambientais. Para representar a formação de dunas na caixa, duas opções tecnológicas podem ser consideradas.

A primeira delas é o uso de miniventiladores, posicionados estrategicamente na caixa, para simular os ventos que atuam na formação das dunas. Os ventiladores podem ser programados para gerar correntes de ar em diferentes direções e intensidades, demonstrando como o vento age na movimentação dos grãos de areia e na formação das dunas.

A segunda opção é a adição de um pequeno compressor de ar, com uma tubulação específica, que permita a criação de jatos de ar sob a camada de areia na caixa. Essa abordagem simula de forma mais realista os processos de formação de dunas, já que o ar é um dos principais agentes responsáveis pelo transporte e deposição dos grãos de areia em ambientes dunares.

Com o compressor de ar, os alunos podem observar como as correntes de ar moldam as dunas e como os diferentes padrões de vento podem criar formas distintas de relevo nas áreas arenosas. Ambas as opções oferecem a vantagem de permitir aos alunos experimentarem a formação de dunas, possibilitando ajustes e observações detalhadas durante o processo.

## **4.2 Fenômenos Hidrosféricos**

A inclusão da pastilha piezelétrica adaptada para a nebulização da água representa um avanço tecnológico significativo na Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada,

permitindo a simulação de uma ampla gama de processos hidrosféricos de forma mais precisa e realista. Essa adaptação oferece aos alunos a oportunidade de explorar e compreender de maneira interativa e prática o ciclo da água e outros fenômenos hidrológicos fundamentais. Com a utilização da pastilha piezelétrica, é possível simular o processo de evaporação da água, transformando-a em vapor e representando o início do ciclo hidrológico.

Figura 08 - Mapa conceitual 2: Fenômenos Hidrosféricos representáveis na caixa de areia



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Para a simulação destes fenômenos, o vapor de água poderá ser direcionado para diferentes áreas da caixa de areia, representando as correntes marinhas e a movimentação do vapor para regiões mais altas da atmosfera. Em seguida, a condensação da água pode ser simulada, fazendo com que o vapor se transforme novamente em líquido e se condense na caixa de areia. Essa representação permite aos alunos compreenderem como a circulação do ar e as variações de temperatura influenciam a formação das nuvens e a condensação do vapor de água. Além disso, a adaptação da pastilha piezelétrica possibilita a simulação da precipitação da água, seja em forma de chuva, neve ou granizo, dependendo das condições climáticas configuradas na caixa de areia. Os alunos poderão observar como as gotas de chuva ou os flocos de neve se formam nas nuvens e caem em direção ao solo, completando o ciclo da água e demonstrando a importância desse processo para a manutenção dos recursos

hídricos e do equilíbrio dos sistemas ambientais de Christofolletti (1999).

Essa integração dos processos hidrosféricos gerais, como o ciclo da água, com fenômenos mais específicos, como evaporação, circulação, condensação e precipitação, oferece aos estudantes uma compreensão abrangente dos sistemas ambientais e sua interdependência. A nebulização da água por meio da pastilha piezelétrica, juntamente com o uso dos miniventiladores, cria condições para simular correntes marítimas na caixa de areia.

Figura 09 - Miniventiladores



**Fonte:** Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Ao direcionar o ar e o vapor de água de maneira controlada, é possível representar o movimento das correntes oceânicas, demonstrando como as diferenças de temperatura, salinidade e pressão na superfície do mar influenciam a circulação das águas e os padrões de correntes ao redor do globo.

A simulação das correntes marítimas é de extrema relevância para o entendimento da dinâmica dos oceanos (Páscoa, 2014) e seu papel fundamental na regulação do clima global. Os alunos poderão observar como as correntes quentes, como a Corrente do Golfo, e as correntes frias, como a Corrente de Humboldt, exercem influência sobre as condições climáticas das regiões costeiras e continentais, além de compreenderem como as correntes

atuam no transporte de nutrientes e organismos marinhos.

A ressurgência entendida em Calado (2006) é um fenômeno oceanográfico que ocorre quando águas profundas e frias emergem à superfície, substituindo as águas mais quentes e superficiais. Esse processo é influenciado por diferentes fatores, como ventos, correntes marítimas e configuração do relevo oceânico. Com o uso do sistema de miniventiladores e a adaptação da pastilha piezelétrica para a nebulização da água, é possível simular a ressurgência na caixa de areia de forma mais realista. Os ventiladores podem ser programados para criar correntes de ar que imitam os ventos oceânicos responsáveis por impulsionar as águas profundas em direção à superfície.

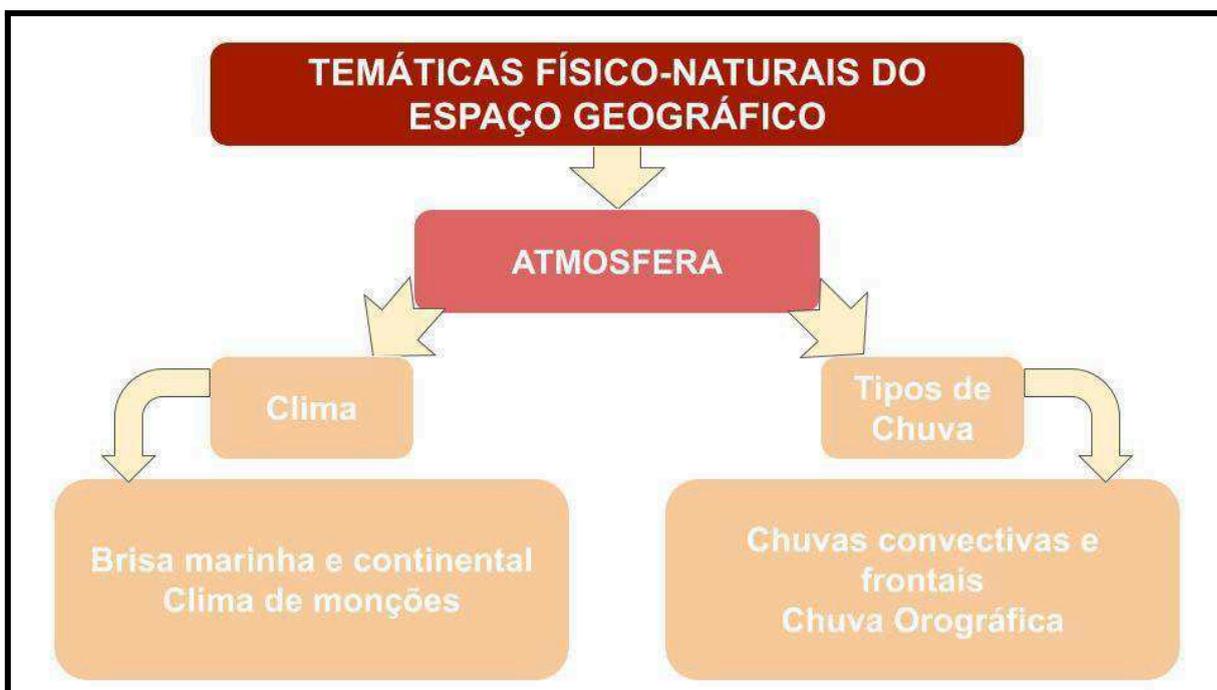
Ao mesmo tempo, a nebulização da água pela pastilha piezelétrica representa a ascensão das águas frias, representando a ressurgência. Essa simulação permite aos alunos observarem como a ressurgência influencia o clima e a biodiversidade marinha. As águas frias trazidas à superfície são ricas em nutrientes, o que estimula a proliferação de fitoplâncton e zooplâncton, resultando em uma maior produtividade biológica.

Essa abundância de vida marinha atrai peixes e outras espécies marinhas, tornando as áreas de ressurgência importantes zonas de pesca e de alta biodiversidade. Além disso, a ressurgência também exerce um papel relevante na regulação do clima regional. As águas frias provenientes das profundezas oceânicas podem reduzir a temperatura das áreas costeiras, influenciando os padrões de chuvas e a estabilidade do clima local.

#### **4.3 Fenômenos atmosféricos**

A ampliação da associação entre o sistema de ventiladores, coolers e piezelétricos na Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada possibilita a representação de uma variedade ainda maior de fenômenos atmosféricos, tornando a experiência de aprendizado mais abrangente e rica em detalhes. Essa integração tecnológica permite aos alunos explorarem, de forma interativa e prática, os processos complexos e interligados que ocorrem na atmosfera e na hidrosfera, sob influência da litosfera, contribuindo para uma compreensão verticalizada da Geografia. Por meio da condensação controlada, é possível simular a formação das chuvas convectivas e frontais (Borsato, 2007) na caixa de areia. Os miniventiladores podem criar diferentes correntes de ar, favorecendo a condensação do vapor de água presente na atmosfera simulada (Figura 10).

Figura 10 - Mapa conceitual 3: Fenômenos Atmosféricos representáveis na caixa de areia



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

A organização dos conceitos sob a perspectiva do esquema acima apresentado permite que os alunos simulem na caixa e observem como as nuvens se formam e como as gotas de chuva se desenvolvem a partir do processo de condensação em uma placa de vidro por exemplo, compreendendo como os diferentes padrões climáticos influenciam a ocorrência das chuvas em diferentes regiões do globo. Além disso, a caixa de areia pode ser utilizada como relevo base para demonstrar o fenômeno da chuva orográfica de Conti (1975). Por meio da combinação dos miniventiladores, piezelétricos e coolers, é possível simular a ascensão do ar úmido sobre uma barreira montanhosa, causando a condensação e a formação de chuvas intensas no lado voltado para o vento.

Essa abordagem permite aos alunos compreenderem a influência do relevo no clima e na distribuição das chuvas, destacando a importância dos fatores geográficos na dinâmica dos sistemas naturais. Além disso, a interação entre a chuva orográfica e o relevo base da caixa de areia pode ser utilizada para demonstrar a formação de rios pluviais. Os alunos poderão observar como a água das chuvas escoar pelo relevo, formando rios que seguem o curso das elevações e depressões do terreno. Essa simulação proporciona uma compreensão mais concreta da relação entre o clima, o relevo e a formação dos rios, enfatizando a importância dos processos naturais na configuração do ambiente geográfico.

A relação entre o relevo e a circulação atmosférica é um dos incrementos mais importantes para entendermos a distribuição das chuvas e o abastecimento de água em diferentes regiões do planeta. A inclusão da cordilheira dos Andes na Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada, como uma barreira de areia estrategicamente posicionada, permite simular o fenômeno conhecido como "ombro orográfico" ou "ombro pluviométrico", que desempenha um papel crucial no regime de chuvas do continente sul-americano.

Ao simular a cordilheira dos Andes na caixa de areia, é possível observar como essa grande cadeia de montanhas atua como uma barreira para os ventos úmidos que vêm do Oceano Atlântico, bloqueando sua passagem e obrigando-os a se elevar. Conforme esses ventos úmidos são forçados a subir sobre as montanhas, eles sofrem resfriamento, o que leva à condensação do vapor de água e, conseqüentemente, à formação de chuvas intensas no lado voltado para o vento.

A utilização da nebulização dos piezelétricos e o posicionamento dos ventiladores auxiliam na simulação dos chamados "rios voadores". Esses "rios voadores" são correntes de ar úmido que se formam na Amazônia e são transportadas pelos ventos em altitudes mais elevadas, atuando como verdadeiros "rios aéreos" que transportam grandes volumes de umidade para o centro-oeste brasileiro e o chamado quadrilátero afortunado, região onde se encontram importantes áreas agrícolas.

Ao representar a ação dos "rios voadores" na caixa de areia, os alunos têm a oportunidade de compreender como a circulação atmosférica e a presença de barreiras geográficas, como a cordilheira dos Andes, influenciam a distribuição das chuvas em diferentes regiões do Brasil. Eles podem observar como a interação entre o relevo e os padrões atmosféricos determina os padrões de chuvas e, conseqüentemente, afeta a disponibilidade de água e o desenvolvimento das atividades agrícolas nessas áreas.

Com o uso dos ventiladores posicionados de maneira estratégica na caixa, é possível simular as brisas marítimas e continentais. As brisas marítimas ocorrem quando o ar quente e úmido sobre a superfície do mar eleva-se, criando uma região de baixa pressão. Esse movimento é preenchido pelo ar mais fresco e denso que está sobre a terra, gerando uma brisa que sopra do mar em direção ao continente. Por outro lado, as brisas continentais ocorrem durante a noite, quando o ar sobre a terra se resfria mais rápido do que o ar sobre o mar. Isso cria uma região de baixa pressão sobre a terra, fazendo com que o ar mais fresco e denso sobre o mar sopra em direção ao continente (Ferreira, 2009)

A simulação dessas brisas na caixa de areia permite aos alunos a observação de como as diferenças de pressão atmosférica entre a terra e o mar influenciam a circulação do ar e os padrões de vento nas regiões costeiras. Além disso, essa abordagem proporciona uma melhor compreensão dos efeitos climáticos desses fenômenos, como a amenização das temperaturas em áreas litorâneas devido à brisa marítima e o resfriamento noturno causado pela brisa continental. Da mesma forma, a utilização das pastilhas piezelétricas para nebulização da água pode ser adaptada para simular as chuvas de monções. As chuvas de monções são caracterizadas por períodos de intensa precipitação que ocorrem em regiões específicas durante estações distintas.

Esses eventos climáticos são influenciados por padrões de vento de larga escala e variações sazonais na temperatura do oceano. Ao ajustar a intensidade da nebulização e a direção dos ventiladores, é possível simular os padrões de chuvas de monções na caixa de areia. Os alunos poderão observar como as correntes atmosféricas, como a Zona de Convergência Intertropical (Ferreira, 1996), influenciam a formação de áreas de baixa pressão e a ocorrência de chuvas intensas em determinadas épocas do ano.

## 5 A CONSTRUÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

### 5.1 Definições metodológicas

Este estudo se baseia em uma abordagem qualitativa, visando explorar em profundidade os impactos resultantes da incorporação da Realidade Aumentada no Ensino de Geografia por meio do material didático desenvolvido. A escolha da abordagem qualitativa é fundamentada na necessidade de compreender as percepções e experiências dos participantes envolvidos, bem como na natureza exploratória do estudo.

Aproximadamente 70 participantes foram selecionados como público-alvo deste estudo, distribuídos em duas turmas distintas do 6º anoº ano, ambas do EFAF da Escola Municipal José Mesquita (Figura 11).

Figura 11 - Fachada da Escola Municipal José Mesquita (EMJM)



**Fonte:** Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

Situada na comunidade Riacho do Sangue, em meio à zona rural do município de Macaíba, no Rio Grande do Norte (Figura 12), encontra-se uma escola que, apesar de sua modesta estrutura, serve como um farol de conhecimento para os jovens residentes da região. Conforme ilustrado na Figura 11, esta instituição de ensino se aninha em um cenário onde o verde da natureza abraça as esperanças e aspirações de seus alunos.

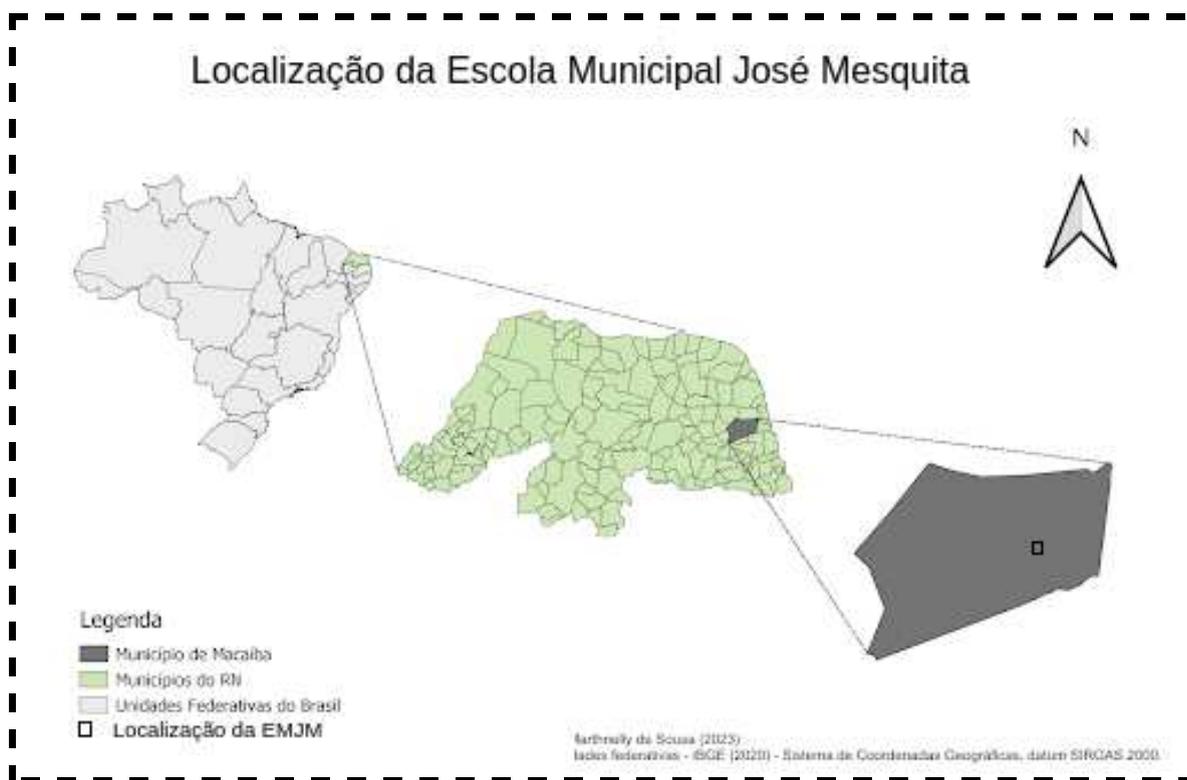
Composta por cinco salas de aula, o corpo docente da escola se esforça para proporcionar um ambiente de aprendizado acolhedor, embora as limitações físicas sejam evidentes. Cada sala enfrenta desafios que vão desde a manutenção até a adequação do espaço, refletindo a necessidade urgente de atenção e investimentos.

Além das salas de aula, a escola dispõe de uma secretária que também desempenha o papel de direção, um espaço multifuncional que é o coração administrativo da instituição. A cozinha, acompanhada de uma despensa, é o local onde as refeições são preparadas, porém sem a presença de um refeitório. A biblioteca, embora pequena em termos de acervo literário, é um espaço multifuncional, oferecendo um refúgio para quaisquer equipamentos de uso coletivo da escola. O banheiro dedicado aos professores e as instalações gerais para os alunos atendem às necessidades básicas. O pátio, embora limitado em espaço e desprovido de assentos, é o palco de interações sociais e brincadeiras, essenciais para o desenvolvimento integral dos estudantes. No entanto, é impossível ignorar as condições precárias e por vezes insalubres das salas de aula, especialmente durante os períodos de calor intenso, que comprometem não apenas o conforto, mas também a saúde e a segurança dos alunos e professores.

Este cenário revela uma realidade desafiadora enfrentada por muitas escolas rurais, onde a falta de infraestrutura adequada se torna um obstáculo para o processo educacional. A escola em Riacho do Sangue, com sua simplicidade e carências, simboliza a luta contínua por uma educação de qualidade em ambientes menos favorecidos, destacando a importância de esforços conjuntos da comunidade, autoridades e organizações para transformar este cenário, garantindo que cada criança tenha acesso a um ambiente de aprendizagem digno e propício ao seu desenvolvimento.

A experiência de construção, adequação e uso da caixa de areia foi realizada em uma turma de 6º ano do Ensino Fundamental – Anos Finais, ao longo de um semestre letivo. Em todas as etapas, utilizamos o registro pessoal das impressões, falas e observações das pessoas envolvidas no processo. As observações em sala de aula durante as demonstrações do material ofereceram informações sobre o engajamento dos alunos e a dinâmica das atividades. Além disso, os questionários permitiram quantificar as percepções dos alunos, avaliando sua compreensão dos conceitos apresentados e sua opinião sobre a abordagem.

Figura 12 - Mapa de Localização da Escola Municipal José Mesquita - EMJM



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

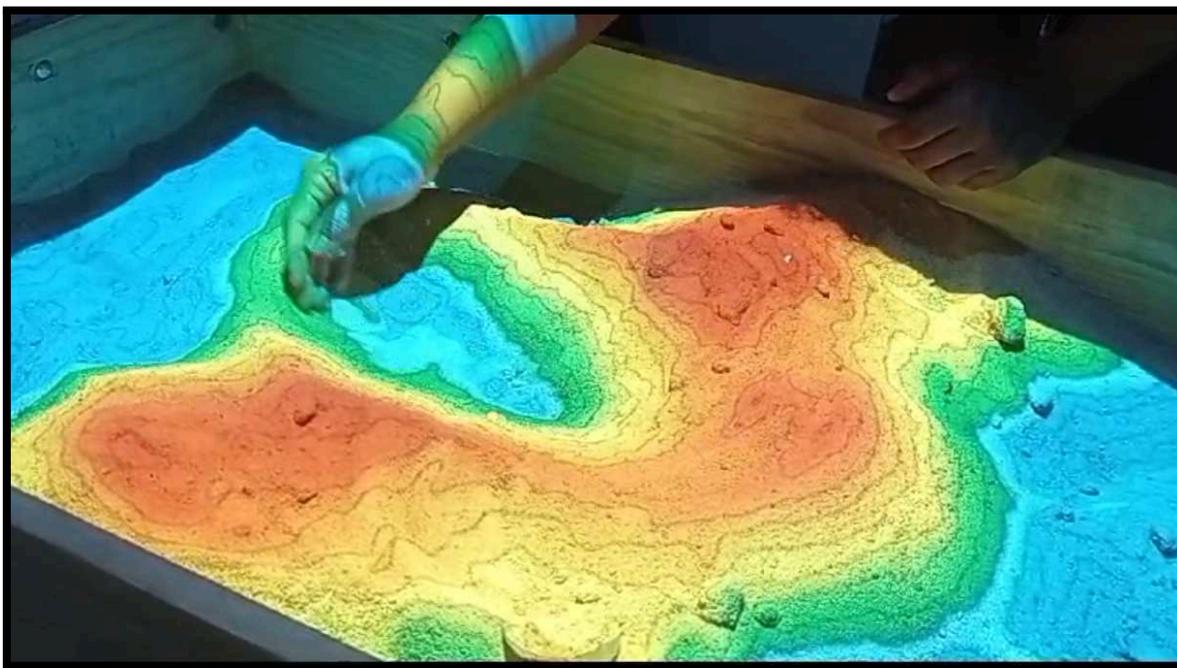
Após a análise, os resultados informaram ajustes no material didático, contribuindo para aprimorar sua eficácia em contextos educacionais futuros. Os registros por meio de caderneta de campo e outros instrumentos como fotografias, documentação dos equipamentos e de todas as etapas, permitiram a rastreabilidade dos processos e a replicação do estudo por outros pesquisadores. Nesse sentido, a metodologia delineada buscou garantir a realização de um estudo rigoroso e ético, explorando de maneira abrangente os efeitos da Realidade Aumentada no Ensino de Geografia por meio de material didático, como potencial para impactar positivamente as práticas educacionais.

## 5.2 Projeto Base: A Caixa de Areia 2.0 com Realidade Aumentada

A Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada, em sua configuração original, 2.0 (Figura 13), oferecia um conjunto de funções e aplicações no Ensino de Geografia. Ao combinar recursos tecnológicos com elementos físicos tangíveis, essa ferramenta educacional proporciona aos alunos uma experiência interativa e imersiva, permitindo a compreensão prática de fenômenos relacionados à precipitação e hidrografia. Uma das principais funções

da caixa de areia é a simulação de chuva. Por meio do projetor e da tecnologia de Realidade Aumentada, os estudantes podem observar virtualmente a ocorrência de chuvas.

Figura 13 - Versão original da Caixa de Areia 2.0 com Realidade Aumentada



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

Essa simulação dinâmica possibilita analisar como a água se comporta em terrenos variados, como ela flui naturalmente por rios, córregos e bacias hidrográficas e como as áreas de maior ou menor inclinação afetam o escoamento das águas. Essa visualização interativa promove uma compreensão mais profunda sobre a relação entre a precipitação e a dinâmica do escoamento superficial, enriquecendo o aprendizado dos estudantes sobre os processos hidrológicos.

Outra aplicação importante da caixa de areia é a simulação de enchentes, inundações e alagamento. A partir da criação de chuvas intensas e contínuas, os alunos podem observar como esses eventos naturais podem resultar em áreas inundadas, proporcionando uma visão realista dos impactos que esses fenômenos podem causar no ambiente e nas comunidades humanas. Por meio dessa simulação, é possível identificar áreas de risco e discutir a importância do planejamento urbano adequado, da gestão de bacias hidrográficas e de medidas de prevenção e mitigação de desastres naturais.

Além disso, a caixa de areia interativa possibilita simular o rompimento de barragens. Essa funcionalidade permite aos estudantes a análise do fluxo de água e dos efeitos erosivos resultantes de tal ocorrência, compreendendo as consequências ambientais e sociais que podem advir de eventos desse tipo. Essa simulação é relevante para a discussão sobre a segurança de infraestruturas hídricas e a importância de monitoramento e manutenção adequados de barragens. Outro aspecto importante da caixa de areia é a aferição constante em relação às curvas de nível. Com o auxílio da tecnologia de Realidade Aumentada, os alunos têm acesso a curvas de nível, o que permite uma análise precisa das características topográficas do terreno simulado. Essa visualização facilita a compreensão dos conceitos relacionados à representação do relevo em mapas topográficos e sua relevância para a análise do terreno em estudos geográficos.

No contexto do Ensino de Geografia, a Caixa de Areia 2.0 com Realidade Aumentada tem vastas aplicações pedagógicas. Ela pode ser utilizada para aulas sobre nascentes, bacias hidrográficas e áreas de risco, bem como para explorar as implicações humanas decorrentes dos fenômenos naturais anteriormente citados. Ao vivenciar de forma prática e interativa os conceitos teóricos, os alunos são estimulados a desenvolver habilidades de pensamento crítico e análise, além de compreender as complexas interações entre o meio ambiente e a sociedade.

Entretanto, apesar de suas vantagens, a Caixa de Areia 2.0 com Realidade Aumentada possui alguns limites no Ensino de Geografia. Um dos principais limites é a configuração original, que restringe a representação de alguns fenômenos específicos discutidos na próxima seção, além de outros aspectos importantes da Geografia, como os inerentes à atmosfera, que não são contemplados nessa configuração e requerem abordagens complementares. Além disso, a interpretação dos resultados das simulações pode ser complexa para alguns alunos, especialmente aqueles com pouca familiaridade com conceitos geográficos.

Nesse sentido, a orientação adequada por parte do professor é essencial para garantir o entendimento dos estudantes sobre os fenômenos observados e as implicações deles no contexto geográfico. Outro limite é a dependência tecnológica, pois a montagem e o funcionamento da caixa de areia interativa requerem equipamentos específicos, o que pode limitar sua disponibilidade em algumas instituições de ensino; portanto, é importante considerar a infraestrutura necessária para a implementação dessa tecnologia em sala de aula. Apesar desses limites, a Caixa de Areia 2.0 com Realidade Aumentada oferece uma

abordagem adaptada para o Ensino de Geografia.

### **5.2.1 Possibilidades de adequação para o Ensino de Geografia**

Levando em consideração as limitações supracitadas do projeto, as possibilidades de adequação para o Ensino de Geografia com a Caixa de Areia 2.0 com Realidade Aumentada são vastas e têm o potencial de transformar a forma como os conceitos geográficos são abordados e compreendidos pelos alunos.

Uma das principais vantagens que devem ser consideradas no uso desse material didático é a possibilidade de visualização de fenômenos naturais que muitas vezes são complexos e ocorrem em escalas de tempo e espaço que tornam sua compreensão desafiadora para os alunos. Por meio de recursos tradicionais, como livros e imagens estáticas, esses fenômenos podem se tornar abstratos e distantes da realidade vivenciada pelos estudantes.

Com a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada, essa realidade é transformada. Os alunos têm a oportunidade de interagir diretamente com representações dos fenômenos geográficos, criando simulações e observando resultados. A visualização prática e dinâmica proporcionada pela caixa de areia permite que os estudantes compreendam como as variáveis climáticas, topográficas e hidrológicas se relacionam e influenciam o funcionamento do ecossistema terrestre. Melhoramentos fazem-se necessários para a ampliação da gama de fenômenos que nosso material será capaz de representar.

Portanto, o uso deste equipamento se orienta para criar condições para a formação de alunos com capacidade de integrar diferentes conceitos geográficos em uma única atividade. Ao abordar tópicos relacionados à hidrologia, à geomorfologia e à dinâmica de bacias hidrográficas em uma só simulação, por exemplo, os alunos podem entender como essas áreas de estudo estão interligadas e influenciam o funcionamento do sistema terrestre como um todo. Essa abordagem multidisciplinar permite uma visão mais completa e conectada da Geografia, incentivando a análise holística dos fenômenos naturais e sociais.

Além disso, a utilização da Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada deve estimular a criatividade e a inovação dos alunos. Ao criar projetos, simulações e soluções para problemas geográficos reais, os estudantes devem ser incentivados a pensar de forma mais independente e crítica. Essa liberdade de exploração promove uma cultura de aprendizado baseada na experimentação e no pensamento criativo, tornando o processo de ensino mais envolvente e enriquecedor.

Essa abordagem contextualizada torna a aprendizagem significativa e relevante para

os estudantes, fortalecendo o vínculo entre o conhecimento acadêmico e a realidade vivenciada por eles. Além das implicações pedagógicas, a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada também prepara os alunos para o uso responsável da tecnologia. Ao interagir com uma ferramenta avançada, os estudantes desenvolvem competências digitais e habilidades para utilizar recursos tecnológicos de forma crítica e consciente. Essa preparação é essencial para que os alunos se tornem cidadãos mais capacitados a lidar com os desafios tecnológicos da sociedade contemporânea.

## 6 ADEQUAÇÃO DE HARDWARES PARA A VERSÃO 3.0

A atualização e melhoramento do projeto original da Caixa de Areia 2.0 com Realidade Aumentada são essenciais para atender às demandas por uma maior diversidade de fenômenos representáveis e para tornar o material didático mais completo assim justificando sua nomenclatura “3.0”. A incorporação de equipamentos como microcontroladores Arduino, servo motores, piezoelétricos e mecanismos de movimentação automática da areia representam avanços tecnológicos significativos que ampliarão as possibilidades de uso e a eficiência da ferramenta pedagógica, portanto nesta seção apresentaremos três sugestão de equipamentos que podem ser adicionados ao projeto.

A adição de microcontroladores Arduino (Figura 14) possibilita o controle e a automatização dos diversos dispositivos na caixa de areia por se tratar de uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto que possibilita a criação de projetos interativos e sistemas eletrônicos de maneira acessível e flexível. Compreende tanto hardware quanto software, projetados para atender tanto iniciantes quanto entusiastas experientes em eletrônica e programação.

No que tange ao hardware, um Arduino consiste em uma placa de circuito impresso (PCB) que incorpora um microcontrolador e pinos de entrada/saída. A diversidade de versões e modelos de placas oferece diferentes recursos e especificações. Entre esses recursos estão interfaces USB para programação e comunicação com computadores, além de pinos digitais e analógicos que podem ser programados para executar tarefas específicas. O software do Arduino, por sua vez, proporciona uma plataforma de programação que viabiliza a escrita e o carregamento de código no microcontrolador da placa. Esse ambiente de desenvolvimento engloba um editor de código, ferramentas de compilação e um programador embutido. Os programas, conhecidos como *sketches*, são redigidos em uma linguagem simplificada, baseada em C/C++, e podem ser transferidos para a placa por meio de uma conexão USB.

O Arduino possui diversas aplicações e características notáveis. Ele é amplamente utilizado para a prototipagem rápida de sistemas eletrônicos interativos, permitindo que ideias e projetos sejam testados de maneira eficiente e econômica. Além disso, é empregado no controle de hardware, envolvendo sensores (como de luz, temperatura e movimento) e atuadores (como motores e LEDs) para criar sistemas que reagem ao ambiente. Sua utilidade

abrange desde projetos educacionais, nos quais desempenha um papel crucial no ensino de conceitos de eletrônica, programação e automação, até a automação residencial e industrial, possibilitando o controle de dispositivos e sistemas remotamente ou conforme determinadas condições. Na esfera da arte interativa, artistas utilizam o Arduino para dar vida a instalações, esculturas, performances e outras formas de expressão artística que envolvem tecnologia.

Figura 14 - Placa controladora (Arduino)



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

Além disso, o Arduino é aplicado em projetos de robótica, servindo para prototipar sistemas robóticos, controlar movimento e executar tarefas específicas em robôs. Sua natureza de código aberto fomenta uma comunidade global de desenvolvedores que compartilham projetos, código-fonte e conhecimento, transformando-o em um ecossistema colaborativo e em constante crescimento.

Com o uso de sensores e atuadores, é possível programar ações específicas, como a simulação de chuva, o controle do fluxo de água para representar o escoamento superficial, a movimentação de elementos para representar a formação de rios e bacias hidrográficas, entre outras interações. Isso permite uma maior fidelidade na representação dos fenômenos naturais e facilita a manipulação dos cenários pelos alunos e professores.

A utilização de servo motores e motores de passo (Figura 15) para a construção de mecanismos de movimentação automática da areia possibilita a criação de relevos dinâmicos e ajustáveis, permitindo simular de forma mais precisa e versátil a formação de dobramentos rochosos, dunas e outros processos geológicos e geomorfológicos.

Figura 15 - Servo motor e motor de passo



**Fonte:** Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

Com esses recursos, os alunos podem observar as mudanças no relevo e entender como os fenômenos naturais moldam a paisagem ao longo do tempo. A inclusão de elementos piezoelétricos para nebulização de água possibilita a simulação de diversos fenômenos hidrológicos, como a formação de chuvas, a evaporação e a condensação da água, além de possibilitar a representação de ambientes úmidos e alagados. Essa interação com a água torna a experiência ainda mais imersiva e realista, proporcionando aos alunos uma compreensão mais completa das dinâmicas hidrológicas e climáticas.

Portanto, o trabalho de atualização e melhoramento do projeto original é crucial para garantir a relevância e eficácia da Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada como material didático no Ensino de Geografia. Com a incorporação de novos equipamentos e tecnologias, essa ferramenta pedagógica se tornará uma aliada no desenvolvimento de uma

educação participativa e conectada com as demandas da sociedade atual.

Com a adição de um sistema de miniventiladores como coolers à Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada, é possível ampliar ainda mais a gama de fenômenos representáveis e enriquecer as simulações de circulação atmosférica e oceânica quando estes associam-se aos piezoelétricos (Figura 16).

Figura 16 - Cristal piezoelétrico para nebulização de água



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

A piezoelectricidade pode desempenhar um papel importante na nebulização de água, especialmente quando se trata de tecnologias como nebulizadores ultrasônicos. Nebulizadores são dispositivos utilizados para transformar líquidos, como água, em pequenas partículas finas, criando uma névoa ou aerossol. Esses dispositivos são amplamente usados em várias aplicações, como umidificação do ar, tratamento médico, aromaterapia e purificação do ar.

Os nebulizadores ultrasônicos utilizam transdutores piezoelétricos para gerar vibrações mecânicas de alta frequência, geralmente na faixa ultrasônica, que são transmitidas ao líquido (água) contido em um reservatório. Essas vibrações causam agitação nas moléculas de água, fragmentando-as em gotículas extremamente pequenas, que então são dispersas no ar como uma névoa fina.

A piezoelectricidade é fundamental para a geração das vibrações mecânicas necessárias nesse processo. Os elementos piezoelétricos nos nebulizadores ultrasônicos são normalmente feitos de materiais piezoelétricos, como cerâmicas piezoelétricas ou polímeros

piezoelétricos. Quando uma tensão elétrica é aplicada a esses elementos, eles se deformam de maneira precisa e rápida, gerando as vibrações necessárias para a atomização da água.

Os nebulizadores ultrassônicos têm a vantagem de criar uma névoa fina sem a necessidade de aquecer a água, o que é especialmente útil para manter as propriedades naturais de certos líquidos, como óleos essenciais em aromaterapia. Além disso, eles podem ser usados em dispositivos portáteis e pequenos, tornando-os versáteis para diversas aplicações, como a criação de um ambiente mais úmido em nossa caixa de areia.

Os miniventiladores podem ser estrategicamente posicionados na caixa de areia para simular diferentes padrões de ventos e correntes de ar. Com a possibilidade de controlar a intensidade e a direção desses ventos, os alunos poderão visualizar e analisar como a circulação atmosférica influencia o clima global e local. Por exemplo, será possível simular a formação de ventos alísios, monções, ciclones e anticiclones, demonstrando como esses sistemas influenciam as condições climáticas em diferentes regiões do planeta.

Um das principais alterações realizadas nessa nova concepção do projeto original da caixa de areia foi o domínio acerca da adaptação do Kinect para integração ao computador, uma vez que, na configuração original, ele não pode ser reconhecido e executado diretamente por uma placa mãe, pois esta normalmente não fornece voltagem suficiente para o funcionamento dos componentes do sensor 3D por meio de suas portas USB padrão, logo necessita-se de uma espécie de adaptador que permite transformar a conexão original do Kinect em um cabo USB macho acompanhado por uma entrada de alimentação auxiliar de 12v, como mostra a Figura 17.

Porém, buscando baratear os custos deste projeto, pesquisamos diferentes formas de realizar esta adaptação sem a necessidade de importação deste produto; muitas foram as configurações encontradas, e ao avaliar as práticas de eletrônica disponíveis em fóruns e cursos do ramo na internet, produzimos um passo a passo para que qualquer pessoa realize tal tarefa sem custos adicionais, além de uma fonte 12v comum (Figura 18).

Adaptar o Kinect para uso com um PC envolve um processo detalhado e preciso, que começa com a preparação dos cabos. Primeiramente, no caso do cabo Kinect, é necessário cortar o conector original com cuidado para evitar danos aos fios internos. Em seguida, com uma ferramenta apropriada, remove-se a camada de isolamento externo, expondo os fios internos. Esse mesmo processo é repetido com um cabo USB padrão, visando expor os fios de dados e energia.

Figura 17 - Adaptador para Kinect



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Figura 18 - Resultado da adaptação

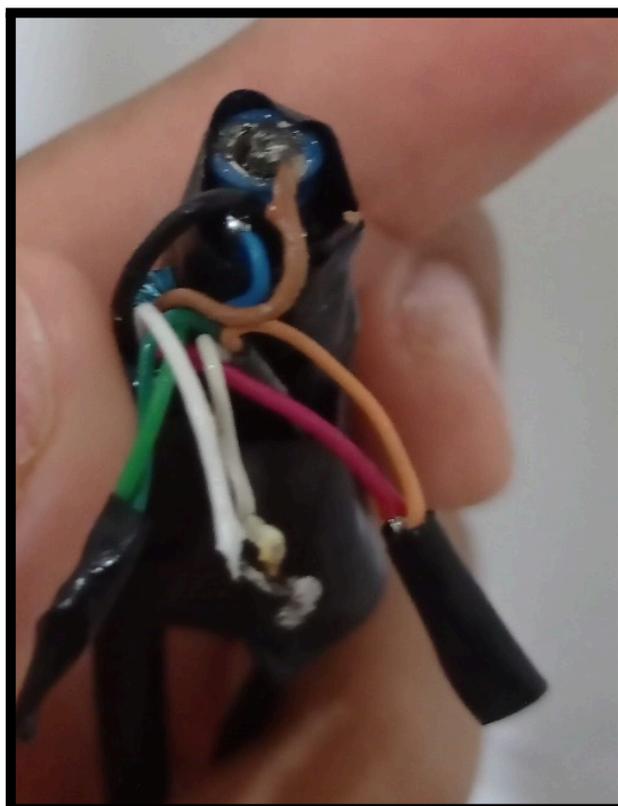


Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

O próximo passo crucial é a identificação correta dos fios. Utilizando um multímetro, identifica-se os fios de dados positivo e negativo no cabo do Kinect, que geralmente são verde e branco, respectivamente. No cabo USB, essas cores costumam ser as mesmas, facilitando a correspondência durante a conexão.

A fase de conexão dos fios de dados requer atenção especial. O fio de dados positivo do Kinect deve ser soldado ao fio de dados positivo do USB e o fio negativo ao fio negativo correspondente. É essencial utilizar solda de qualidade para garantir uma conexão estável e duradoura. Após a soldagem, cada conexão deve ser cuidadosamente isolada com tubo termocontrátil. Aplicando calor, o tubo encolhe e protege a conexão, prevenindo possíveis curtos-circuitos e danos, como podemos ver abaixo na Figura 19.

Figura 19 - Conexão do Kinect ao cabo USB e entrada de alimentação



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Antes de prosseguir para a próxima etapa, é importante testar a conexão. O cabo USB modificado é conectado ao computador para verificar se o Kinect é reconhecido e opera corretamente. Qualquer problema nessa fase exige uma revisão cuidadosa das soldas e das

conexões. Se for reconhecido, ele emitirá uma luz de cor verde que pisca quando o equipamento está em modo de espera ou permanece constante quando em uso.

Paralelamente, a adaptação da fonte de 12V para uso com um conector macho é outro passo importante. Escolhe-se uma fonte de alimentação de 12V compatível com as necessidades do Kinect. Corta-se o conector da fonte, deixando um comprimento de cabo adequado. Um conector macho, compatível com a entrada do Kinect, é preparado pela exposição dos fios por meio do descascamento.

A conexão dos fios da fonte ao conector macho exige a identificação dos polos positivo e negativo em ambos os componentes, caso conecte de forma errada uma luz vermelha será emitida pelo Kinect, indicando inversão de polos. As soldas devem ser limpas e firmes, conectando o fio positivo da fonte ao pino positivo do conector e o negativo ao negativo. Após a soldagem, as conexões são isoladas com tubo termocontrátil ou fita isolante para garantir a segurança e a durabilidade do sistema.

Finalmente, o teste de funcionalidade é realizado conectando o conector macho ao Kinect e ligando a fonte de 12V. Confirma-se que o Kinect liga e funciona como esperado, indicando que a adaptação foi bem-sucedida.

No nosso caso foi necessário um segundo ajuste, desta vez no conector macho da fonte 12v para melhor mobilidade junto ao passo anterior. Utilizamos um conector macho compatível com o conector fêmea instalado no cabo do Kinect como mostrado anteriormente. A Figura 20 demonstra essa modificação.

Inicialmente, prepare a fonte de alimentação removendo o conector original. Isso é feito com um alicate de corte, tomando cuidado para não danificar os fios internos. Uma vez removido o conector, desfaça o isolamento externo para expor os fios. O multímetro é uma ferramenta essencial neste estágio, sendo utilizado para identificar claramente os fios positivos e negativos. A identificação correta dos fios é um passo crítico, pois uma conexão incorreta pode causar danos ao dispositivo ou criar riscos de segurança.

Após a identificação, a próxima etapa envolve a preparação dos fios para a conexão. Descasque cerca de 1 cm do isolamento de cada fio, certificando-se de não danificar os condutores internos. A seguir, vem o processo de soldagem, onde o fio positivo é soldado ao terminal positivo do conector macho e o negativo ao terminal negativo. É fundamental utilizar solda de boa qualidade e realizar a soldagem com cuidado para evitar soldas frias ou instáveis.

Figura 20 - Adaptação do cabo da fonte



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Uma vez feitas as soldas, o isolamento das conexões é crucial para a segurança do sistema. Utilize cola termofusível ou tubo termocontrátil, aplicando calor para encolher o tubo e proteger as soldas. Este passo previne curtos-circuitos e garante uma conexão elétrica segura e duradoura. O teste de funcionamento é a penúltima etapa. Conecte o conector macho ao conector fêmea, integrado anteriormente ao dispositivo.

A adição de suportes móveis presos por parafusos-borboleta é uma inovação significativa no design da estação de Realidade Aumentada, que melhora significativamente a flexibilidade e a adaptabilidade do sistema. Esses suportes ajustáveis são cruciais para otimizar o posicionamento tanto do Kinect quanto do projetor, proporcionando uma gama de ajustes que vão além das configurações padrão. Essa modificação permite um ajuste fino do posicionamento dos dispositivos, pois, com esses parafusos, é possível fazer mudanças rápidas e sem esforço na posição dos dispositivos, sem a necessidade de ferramentas adicionais.

Esta estrutura, caracterizada pela sua natureza modular e ajustável, é especialmente projetada para suportar e posicionar um projetor e um Kinect. Um dos aspectos desta instalação é a presença de parafusos borboleta, estrategicamente incorporados para permitir ajustes rápidos e sem a necessidade de ferramentas adicionais. Tal flexibilidade é crucial em ambientes de desenvolvimento e teste, em que a precisão na posição dos dispositivos é frequentemente necessária. A base da estrutura metálica é apoiada em uma caixa de madeira robusta. Esta caixa tem um papel duplo: atuando como contrapeso para garantir estabilidade e

como um elemento integrativo de uma instalação mais ampla que combina componentes físicos e digitais.

Além disso, a capacidade de apoiar a caixa em diferentes superfícies torna o conjunto ideal para eventos e demonstrações, e a instalação pode precisar ser adaptada a espaços e configurações variadas. Isso é particularmente valioso em exposições, feiras de tecnologia ou apresentações, onde a flexibilidade e a facilidade de configuração são essenciais.

A introdução de um mecanismo de tensionamento entre as hastes verticais, que estão presas à caixa de areia, é outro aspecto inovador. Esse tensionamento permite ajustes na angulação dos dispositivos, um recurso particularmente útil para acomodar diferentes modelos de Kinect e projetores, cada um com suas especificidades de ângulo e resolução que podem exigir diferentes configurações de ângulo e distância para otimizar a captura de movimento e a qualidade da projeção (Figura 21).

A integração de diferentes modelos de Kinect e projetores é facilitada por esse sistema. Isso abre um leque de possibilidades para os desenvolvedores e usuários finais, que podem experimentar com uma variedade de equipamentos para encontrar a configuração ideal para suas necessidades específicas. Seja em aplicações de entretenimento, educação ou pesquisa, a capacidade de ajustar rapidamente e com precisão o posicionamento e a angulação dos dispositivos é uma vantagem significativa.

Para construir um suporte ajustável com trava borboleta que acomoda equipamentos como projetores e Kinects, precisa-se seguir detalhadamente os passos a seguir.

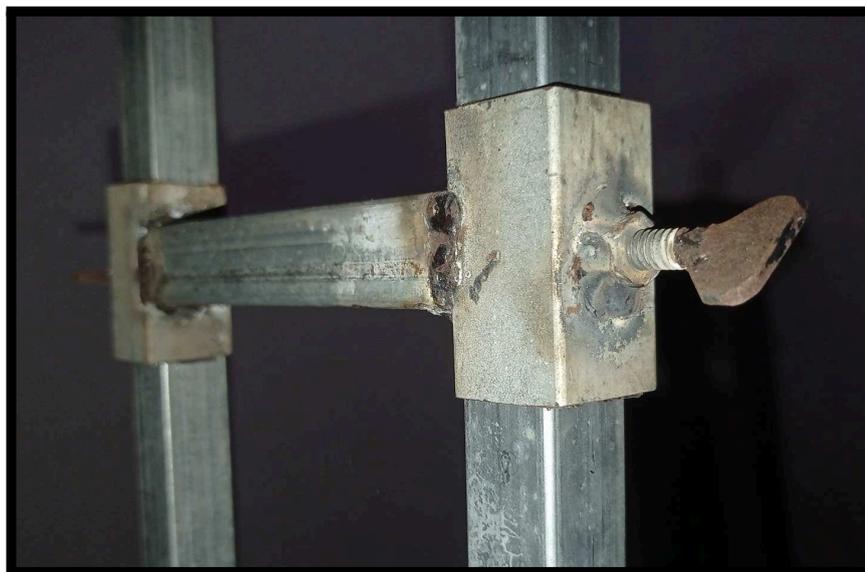
Comece adquirindo tubos de metal galvanizado quadrados com medidas de 40 mm x 40 mm e uma espessura de parede de 2 mm. Corte dois tubos com a altura que desejar para as colunas verticais, por exemplo, 2 metros, para garantir que o suporte atenda à altura necessária para a projeção ou captura de movimento. Você também precisará cortar dois tubos transversais de 1 metro que servirão como suporte horizontal.

Com as chapas de metal de 5 mm de espessura, corte quatro quadrados de 10 cm x 10 cm que funcionarão como bases de montagem para os topos das colunas verticais e mais quatro retângulos de 15 cm x 10 cm que servirão como suportes de conexão. Estes serão soldados na metade da altura das colunas verticais.

Utilizando uma furadeira com uma broca de metal de  $\frac{1}{2}$  polegada, faça um furo central em cada uma das bases de montagem e suportes de conexão. Insira barras roscadas de

aço nos furos e fixe-as no lugar com solda. Esta será a parte do suporte onde as travas borboleta serão aplicadas para permitir o ajuste vertical.

Figura 21 - Suportes móveis e parafusos borboletas



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Figura 22 - Base da estrutura fixada na caixa de madeira



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Para montar a estrutura, alinhe os tubos horizontais com os suportes de conexão e passe os parafusos borboleta pelas barras roscadas. Estes parafusos permitem que você ajuste a altura do suporte sem a necessidade de ferramentas adicionais, garantindo praticidade e segurança.

Caso necessário, adicione placas de montagem no topo das colunas para fixar os equipamentos específicos. Lixe as áreas soldadas para suavizar quaisquer irregularidades e aplique uma camada de tinta spray anticorrosiva para proteger o metal contra a ferrugem. Uma vez montada a estrutura, teste a estabilidade e o funcionamento das travas borboleta. Monte o projetor e o Kinect e faça os ajustes de altura necessários para calibrar o sistema de acordo com o seu ambiente de uso.

É fundamental garantir que todas as soldas e fixações estejam seguras para evitar acidentes. Utilize sempre equipamento de proteção individual durante o processo de construção, como luvas de proteção e máscara de solda, e mantenha a estrutura em inspeção regular para assegurar a sua integridade e segurança. Iniciando com a base para o projetor, o processo requer uma chapa de metal robusta, na qual os pontos de fixação do projetor serão cuidadosamente marcados. A precisão aqui é crítica; as marcações devem refletir a exata disposição dos pontos de montagem do projetor para evitar qualquer desalinhamento posterior. Uma vez marcados, os pontos são perfurados, criando passagens para os parafusos que irão segurar o projetor firmemente no lugar (Figura 23).

Essa chapa não é apenas um meio de fixação; ela deve permitir ajustes finos. Portanto, os furos são feitos ligeiramente maiores que os parafusos, proporcionando uma margem de manobra para calibração precisa da posição do projetor. Uma vez que os furos estejam completos e as bordas lixadas para remover rebarbas, a chapa é testada. Os parafusos são inseridos, e o projetor é montado temporariamente para verificar se todos os ajustes podem ser feitos sem restrições. É vital que o projetor possa ser ajustado tanto em termos de altura quanto de ângulo, portanto a chapa deve ser montada na estrutura de maneira que permita esses movimentos.

Quanto ao Kinect, a abordagem é ligeiramente diferente. Em vez de uma montagem rígida, opta-se por um sistema que ofereça maior flexibilidade. Braçadeiras plásticas são utilizadas para fixar o Kinect a um trilho metálico, permitindo ajustes rápidos e fáceis. Isso é particularmente útil em ambientes de desenvolvimento e teste, em que a posição do Kinect precisa ser frequentemente recalibrada. As braçadeiras fornecem um equilíbrio entre

segurança e mobilidade, fixando o dispositivo firmemente, mas sem impedir ajustes (Figura 24).

Figura 23 - Suporte do projetor



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Figura 24 - Fixação do Kinect



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Na montagem final, cada elemento é cuidadosamente colocado. A chapa de suporte do projetor é fixada à estrutura, garantindo que esteja nivelada e estável. O projetor é então

preso à chapa, com os parafusos sendo ajustados para obter o alinhamento perfeito. O Kinect, com suas braçadeiras já posicionadas, é fixado em seu trilho metálico, com a altura e a orientação ajustadas para capturar adequadamente os movimentos.

Cada ajuste é verificado e revisto, garantindo que tanto o projetor quanto o Kinect estejam operando em seus pontos ótimos. A estrutura geral deve oferecer estabilidade e flexibilidade, permitindo que ajustes finos sejam feitos facilmente, otimizando o desempenho dos dispositivos e garantindo a segurança do sistema como um todo. A atenção meticulosa a cada detalhe no processo de montagem não só preserva a integridade do equipamento, mas também assegura que o sistema funcione sem falhas, proporcionando uma experiência imersiva e interativa para o usuário.

Finalizado este passo, pode-se preparar a caixa para receber o acoplamento do equipamento nebulizador, como mostrado na Figura 25.

Figura 25 - Equipamento de nebulização acoplado ao projeto

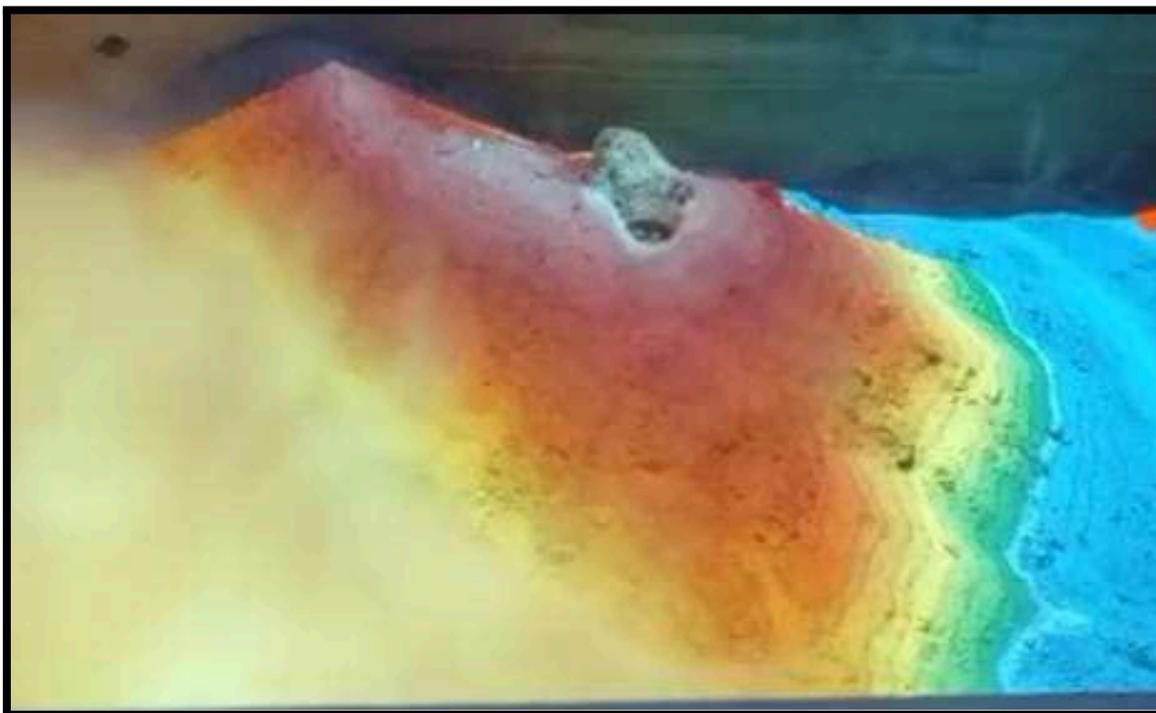


Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Esta é a principal atualização de hardware bem-sucedida no projeto que consiste no acoplamento de um nebulizador ultrassônico à base de piezoelétrico para simulações de

fenômenos atmosféricos como mencionado na seção de referencial teórico deste trabalho. Para realizar esta instalação, é crucial executar a furação na madeira com precisão e cuidado para assegurar a funcionalidade e a estética do resultado.

Figura 26 - Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Inicialmente, é necessário escolher o local onde o nebulizador será instalado. A localização ideal é próxima a uma das quinas da caixa. Esta posição estratégica não apenas maximiza o espaço disponível, aproveitando a diagonal para uma melhor dispersão da névoa, mas também facilita o acesso ao nebulizador para manutenção e operação. Uma vez decidido o local, com um lápis, marque cuidadosamente o centro exato onde o furo será feito. Este ponto deve ser medido com precisão, levando em conta o diâmetro do nebulizador, para garantir que o furo não seja grande demais, o que comprometeria a fixação, nem pequeno demais, o que dificultaria a inserção do aparelho.

Antes de iniciar a furação, é importante preparar a área de trabalho. Garanta que a madeira esteja firmemente fixada para evitar movimentos que possam causar acidentes ou erros de corte. Coloque luvas de segurança e óculos de proteção para evitar acidentes com serragem ou com a própria ferramenta.

O próximo passo envolve a umidificação da região onde a furação será realizada. Utilizando um borrifador ou um pano úmido, aplique água moderadamente sobre o ponto marcado. Este processo é essencial para minimizar o atrito entre a serra copo e a madeira, o que reduz o risco de superaquecimento e, por consequência, diminui a probabilidade de danos à ferramenta e à madeira. Movimentos circulares leves com a furadeira, mantendo uma pressão constante, ajudam a preservar o núcleo da madeira que será extraído, o qual servirá como tampa posteriormente.

Inicie a furação com calma e precisão. A furadeira deve estar ajustada para uma velocidade que não seja tão alta a ponto de superaquecer a madeira, mas suficiente para permitir um corte eficiente. À medida que a serra copo penetra a madeira, um núcleo circular começa a se formar. É essencial manter a furadeira alinhada para assegurar que este núcleo seja extraído intacto. Quando tiver avançado até aproximadamente a metade da espessura da madeira, interrompa o processo.

Neste ponto, com extremo cuidado, vire a caixa para acessar o lado oposto do ponto de furação. Realinhe a serra copo com o guia criado pelo furo inicial. Continue a furação, completando-a do outro lado. Este método evita que as bordas do furo fiquem farpadas, resultando em um acabamento mais limpo e profissional.

Com a furação concluída, remove-se o núcleo circular de madeira da serra copo. Utilize uma lixa de madeira para suavizar as bordas do furo e da tampa, removendo qualquer farpa ou irregularidade que possa interferir no encaixe ou na estética da instalação. Aplique fita adesiva ao redor do núcleo de madeira para que feche a furação posteriormente com mais firmeza, usando para isso um parafuso, duas porcas compatíveis e uma parte de metal, que pode servir como suporte para manuseio desta tampa (Figura 27).

Agora é o momento de testar o encaixe do nebulizador. Insira-o cuidadosamente no furo para verificar se o ajuste está perfeito. Se necessário, faça ajustes finos com a lixa. Caso o nebulizador exija suportes adicionais para uma fixação mais segura, instale-os neste momento. Um exemplo é o suporte em forma de "U" visto na imagem anterior, que deve ser fixado com parafusos e porcas para manter o nebulizador firmemente no lugar. Após esta instalação deve-se preparar o sistema de circulação de ar composto por um mini aspirador de pó adaptado com o uso de mangueiras para canalizar o fluxo dos ventos como podemos ver na Figura 28.

Figura 27 - Tampa feita com núcleo de madeira da furação

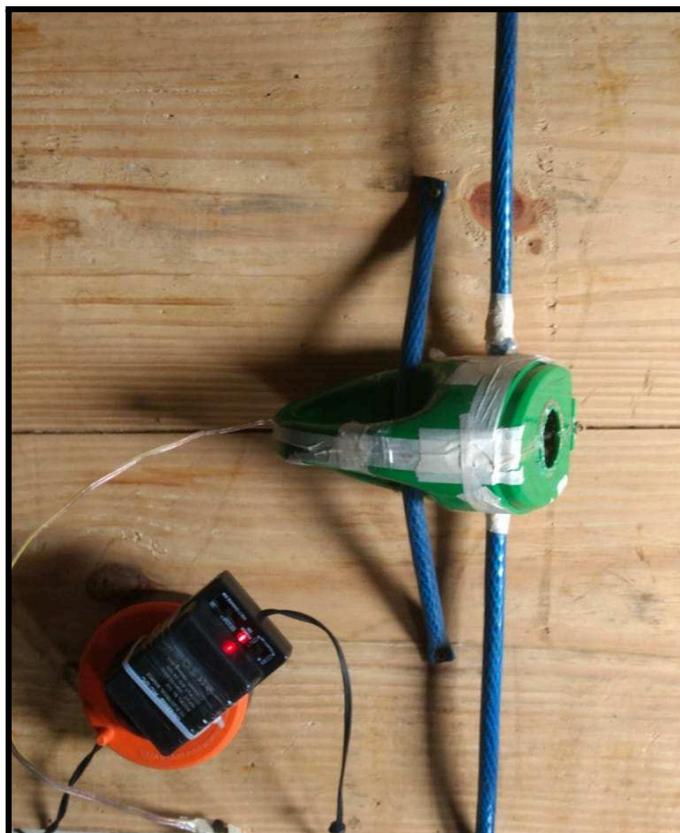


Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

O projeto envolveu a adaptação de um mini aspirador automotivo de pó para funcionar como um soprador, fixado na parte de baixo da caixa como mostra a supracitada Figura 27, ele é utilizado para a circulação de névoa em uma caixa de areia. O mini aspirador foi desmontado e modificado para reverter a função de sucção para sopro. As saídas de ar foram transformadas em dutos sopradores utilizando partes de mangueiras, que foram fixadas ao aspirador com fita adesiva resistente, garantindo vedação adequada. As mangueiras, cortadas em comprimentos adequados, permitiram fácil manuseio e posicionamento dentro da caixa de areia, otimizando a distribuição da névoa.

Ao incorporar a minibomba de água ao Tabuleiro Geológico de Gabaglia, preservamos a autenticidade da experiência física, ao mesmo tempo em que enriquecemos a visualização com a Realidade Aumentada. Essa integração oferece uma representação dinâmica dos processos de intemperismo e erosão, permitindo que os alunos observem diretamente como a água interage com a areia, moldando e transformando o relevo de maneira realista, conforme mostrado na Figura 29.

Figura 28 - Sistema de circulação de ar



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Figura 29 - Minibomba de água integrada ao projeto



Fonte: Acervo do autor, 2024.

Após a fixação da minibomba de água no projeto, é essencial considerar a criação de um reservatório de água que possa ser conectado à bomba. Esse reservatório deve ser acessível para reabastecimento e pode ser conectado à bomba por meio de um tubo flexível ou mangueira. Além disso, a caixa deve ser revestida com uma manta impermeabilizada que funcionará como um limite entre o relevo e a estrutura geológica. Essa manta não apenas evita vazamentos, mas também funciona como um elemento para modelar a estrutura geológica sob o relevo. Ao simular o escoamento superficial da água, a manta impermeabilizada pode permitir a formação de padrões e formas que representam os efeitos do intemperismo e da erosão no relevo.

Além disso, é necessário criar um segundo reservatório que possa captar o escoamento da água que fluirá pela abertura retrátil, apresentada anteriormente na Figura 27. Esse reservatório deve ser posicionado estrategicamente para coletar a água de forma eficiente, garantindo que o ciclo hidrológico simulado no Tabuleiro Geológico seja completo, realista e contínuo.

Na próxima seção, abordaremos o uso efetivo dessas modificações que culminaram no modelo 3.0 da caixa de areia. Discutiremos como a adaptação do mini aspirador automotivo de pó para funcionar como um soprador com dutos sopradores flexíveis, juntamente com a circulação de névoa, melhorou significativamente a funcionalidade e a aplicabilidade deste recurso pedagógico. Analisaremos também as recomendações de uso e as experiências obtidas durante a implementação, ressaltando a importância da inovação incremental e da adaptação de tecnologias existentes para o contexto educacional.

## **7 DA EXPERIÊNCIA ÀS RECOMENDAÇÕES DE USO**

### **7.1 Sequência didática e sugestões de uso do material**

A tecnologia não possui uma intencionalidade própria e seu valor e impacto dependem de como ela é utilizada, especialmente, no campo da educação. De fato, o mesmo recurso tecnológico que auxilia o geógrafo a compreender e analisar a Terra pode ser empregado pelo professor de Geografia para ensinar os conhecimentos descobertos ou elaborados por meio dessa tecnologia. Essa dualidade no uso reflete uma natureza intrinsecamente flexível e adaptável, conforme discutido por Castro, Plácido e Medeiros (2023) sobre a educação tecnológica no Brasil.

No contexto da Geografia, as geotecnologias como teledetecção e mapeamento digital são ferramentas poderosas para a coleta, análise e interpretação de dados espaciais, que permitem, aos geógrafos, realizar estudos avançados, entender padrões ambientais e sociais, e contribuir para o planejamento territorial e ambiental. Por outro lado, no Ensino de Geografia, essas mesmas tecnologias podem ser utilizadas para ilustrar conceitos complexos, proporcionar experiências de aprendizado interativas e facilitar a compreensão dos alunos sobre fenômenos geográficos, como destacado por Tonetto e Tonini (2020) em seus estudos de caso no Brasil.

A habilidade de um professor no campo educacional muitas vezes depende de seu alcance em utilizar efetivamente a tecnologia que muitas vezes não está disponível massivamente no sistema público de educação, o que enriquece o processo de ensino-aprendizagem. Isso envolve não apenas o domínio técnico das ferramentas, mas também a criatividade e a inovação na adaptação desses recursos para fins pedagógicos, como destacado por Prado, Grimm e Alves (2023). A adequação de tecnologias de ponta ao formato de material didático é um processo que exige consideração cuidadosa das necessidades e contextos dos alunos, bem como das capacidades tecnológicas disponíveis, como apresentada por Liu (2023) que destaca como o uso da tecnologia multimídia e do aprendizado móvel combinado com texto, gráficos, música, vídeo e animação pode criar uma experiência de aprendizado mais envolvente.

O desenvolvimento de recursos didáticos tecnológicos para aulas de Geografia segue um caminho semelhante, caracterizado pela integração e adaptação de avanços tecnológicos, porém em um contexto educacional. Os recursos didáticos em Geografia eram predominantemente analógicos, como mapas, globos e cartas topográficas. Com o advento e a evolução das TICs, houve uma transformação significativa nos materiais didáticos disponíveis para o Ensino de Geografia. Ferramentas digitais como mapas interativos, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) começaram a ser integradas nas práticas de ensino (Belmonte *et al.*, 2020).

A incorporação dessas tecnologias no Ensino de Geografia, contudo, não é apenas uma questão de substituir materiais analógicos por digitais. É necessário um planejamento pedagógico cuidadoso que considere as necessidades de aprendizagem dos alunos, as competências dos professores e as condições de infraestrutura das escolas. A formação docente é fundamental para garantir que os educadores estejam aptos a utilizar essas tecnologias de forma eficaz e integrada ao currículo, como destaca Pimenta (2009).

Antes que se possa imaginar a série de limitações acerca da implementação dessas tecnologias (Tataruga, 2010), precisamente no contexto de sala de aula, é importante destacar que grande parte dos avanços mais importantes de nossa situação histórica não são originadas de invenções disruptivas apenas, mas da reimaginação e reconfiguração inteligente de tecnologias existentes. Esta abordagem pode ser particularmente relevante e eficaz no campo da educação e, mais especificamente, no Ensino de Geografia.

Isso pode significar adaptar ferramentas digitais já existentes para torná-las mais adequadas ao contexto educacional. Pode envolver a personalização de softwares de SIG para uso em sala de aula, a reutilização de dados geográficos abertos para projetos estudantis, ou até a transformação de aplicações de Realidade Aumentada para experiências de aprendizado geográfico como é proposto neste trabalho. Essa abordagem não apenas economiza recursos, mas também pode ser mais eficaz, pois parte de uma base já familiar aos usuários.

Esta visão se alinha com a ideia de inovação incremental (Schumpeter, 1934, apud Silva, 2022.) que se baseia na melhoria contínua de produtos, serviços ou processos existentes. Diferentemente da inovação disruptiva, que busca quebrar o *status quo* e introduzir algo completamente novo, a inovação incremental foca em fazer ajustes e aperfeiçoamentos que, embora possam parecer menores ou menos impressionantes à primeira vista, podem ter um impacto significativo e imediato. Esse entendimento é definitivo em zonas rurais, campo

de aplicação de nosso trabalho, no qual muitas vezes nos deparamos com as limitações de orçamento, infraestrutura e acesso a novas tecnologias. Na próxima seção será discutida a análise acerca da aplicação destes conceitos em prática, por meio da implementação do material pedagógico aqui proposto, via sequências didáticas.

### **7.1.1 Introdução aos Fenômenos Litosféricos**

A implementação da caixa de areia interativa no contexto de nosso público-alvo requer uma abordagem pedagógica que faça a ponte entre os fenômenos simulados e os conceitos científicos fundamentais elencados anteriormente na seção de referencial teórico. A integração efetiva dessa tecnologia no currículo escolar exige a elaboração de uma sequência didática com planos de aulas detalhados, que forneça aos professores possibilidades claras para a transposição didática dos fenômenos observáveis para o ensino dos conceitos científicos pertinentes.

Inclui também objetivos de aprendizagem claros, atividades práticas projetadas para reforçar conceitos específicos e uma estrutura de aula que permita uma sequência lógica de ensino e aprendizagem. Além disso, deve ser flexível o suficiente para permitir adaptações às necessidades específicas de diferentes públicos-alvo, considerando as diversas faixas etárias e os níveis de compreensão, bem como que permita que cada aula seja completa, evitando possíveis quebras no processo de aprendizagem por faltas inesperadas ao longo de sua aplicação.

Os planos de aula das três sequências didáticas (Apêndice 01) desta pesquisa oferecem, para os professores, uma base de conhecimento que inclui informações sobre o conjunto de competências e habilidades presentes nas diretrizes oficiais (Rio Grande do Norte, 2018) pertinentes à prática. Reconhecendo as limitações inerentes a qualquer projeto educacional, a sequência didática aborda desafios potenciais e oferece estratégias para superá-los. Isso pode incluir a necessidade de materiais de apoio adicionais, formas de integrar a caixa de areia com outras ferramentas de ensino e métodos para avaliar efetivamente o impacto da tecnologia no aprendizado dos alunos

Observemos, portanto, inicialmente, a *Sequência Didática 1 - As Temáticas físico-naturais do Espaço Geográfico experienciadas com a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada - Fenômenos Litosféricos* (Apêndice), que busca sintetizar as

experiências durante a aplicação com o público-alvo e reflexões acerca de novas possibilidades de compreensão sobre as temáticas físico-sociais.

A eficácia na aplicação do plano de aula (Quadro 01) sobre a integração dos fenômenos geográficos requer uma abordagem pedagógica que enfatize a interconexão entre os fenômenos litosféricos, hidrosféricos e atmosféricos. Iniciando com uma introdução teórica em que o educador deve se concentrar especificamente em como esses fenômenos operam conjuntamente para moldar o ambiente geográfico. Utilizando exemplos específicos, como a formação de montanhas por meio de atividades tectônicas (fenômenos litosféricos), a influência das correntes oceânicas no clima (fenômenos hidrosféricos) e a formação de sistemas climáticos como ciclones (fenômenos atmosféricos), o professor pode ilustrar a dinâmica complexa e a interdependência destes sistemas.

Quadro 01 - Plano de aula 01 - As Temáticas físico-naturais do espaço geográfico

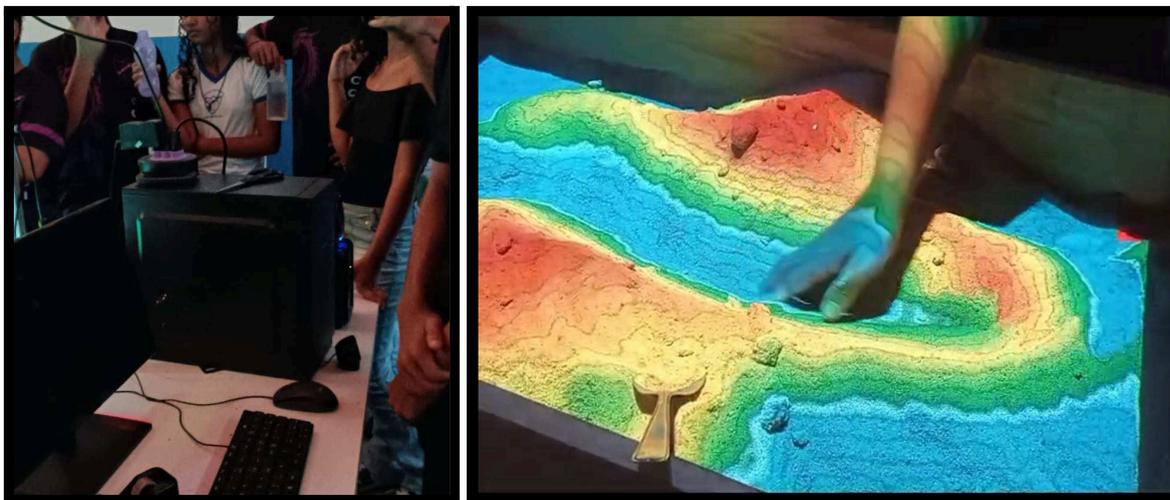
<b>Plano de aula 01 - Temáticas físico-naturais do Espaço Geográfico</b>					
<b>Etapa</b>	<b>Tempo</b>	<b>Conteúdos e Atividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Objetivos de Aprendizagem</b>	<b>Fundamentação</b>
Introdução	10 min	Conceitos de fenômenos geográficos; discussão guiada.	Diagramas e imagens	Introduzir conceitos dos fenômenos geográficos.	EF06GE07 (BNCC) e EF06GE07RN (RN)
Simulação	20 min	Preparação e execução da simulação com caixa de areia.	Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada	Compreender interações dos fenômenos geográficos.	EF15AR05 (BNCC) e EF06GE12 (BNCC)
Discussão	10 min	Debate sobre observações e implicações ecológicas.	Anotações dos alunos	Desenvolver análise crítica dos impactos ambientais.	Exercício de fixação
Encerramento	5 min	Recapitulação dos conceitos e avaliação dos alunos.	Formulários de avaliação	Avaliar compreensão dos alunos e eficácia da aula.	Avaliação contínua

Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Na fase de preparação da simulação, é crucial detalhar como a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada será utilizada para simular essas interações. O educador deve explicar como os elementos físicos (como a areia e a água) e tecnológicos (como projeções e sensores) da caixa de areia representarão as mudanças geográficas e atmosféricas. Este momento é vital para preparar os alunos para observar de forma crítica e questionar o que veem durante a simulação, promovendo um pensamento científico rigoroso.

Ao executar a simulação, é importante que o educador guie os alunos por meio de observações específicas sobre como a manipulação de um fenômeno pode influenciar os outros. Por exemplo, ao ajustar a temperatura ou a pressão dentro da caixa de areia, como isso afeta a evaporação e, conseqüentemente, as condições atmosféricas simuladas. Esta fase deve ser interativa, com o professor fazendo perguntas direcionadas para estimular a análise e a síntese dos alunos sobre os processos observados.

Figura 30 - Conhecendo e manipulando o projeto



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

A discussão e a análise pós-simulação devem se concentrar em conectar as observações dos alunos com impactos ambientais globais e locais reais. O educador deve facilitar uma discussão sobre como o entendimento integrado dos fenômenos geográficos pode ajudar a prever e mitigar questões ambientais, como erosão, mudanças climáticas e desastres naturais. Por fim, é de suma importância que o professor estabeleça conexões entre as aulas; finalizando uma, deve deixar indícios do que será visto na próxima, bem como retomar conceitos trabalhados anteriormente, sempre observando a sequência didática, como a

aqui proposta, evidentemente que podendo melhorá-la a partir das especificidades do seu contexto escolar

Para garantir uma aplicação eficaz da segunda aula (Quadro 02), é essencial que o professor adote uma abordagem clara e estruturada. Iniciando com a introdução teórica, é importante destacar os conceitos chave de tectônica de placas, vulcanismo e deriva continental. Utilize recursos visuais como diagramas e vídeos para ilustrar esses processos. Faça conexões com exemplos reais, como terremotos e vulcões ativos, para contextualizar o aprendizado, e introduza o vocabulário técnico que será crucial para a compreensão da simulação subsequente.

Quadro 02 - Plano de aula 02 - Fenômenos Litosféricos - Tectônica de placas

<b>Plano de Aula 02: Tectônica de placas</b>					
<b>Etapa</b>	<b>Tempo</b>	<b>Conteúdos e Atividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Objetivos de Aprendizagem</b>	<b>Fundamentação</b>
Introdução	10 min	Conceitos de tectônica de placas e vulcanismo; discussão guiada.	Diagramas de tectônica de placas e vulcanismo	Introduzir conceitos básicos de tectônica de placas e vulcanismo.	EF06GE12RN e EF06GE07 (BNCC)
Simulação	25 min	Configuração e execução da simulação na caixa de areia.	Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada	Compreender os movimentos tectônicos e o vulcanismo.	EF06GE09RN e EF06GE10RN
Discussão	15 min	Análise dos fenômenos observados na simulação.	Anotações dos alunos	Desenvolver análise crítica dos impactos geológicos.	EF06GE13RN
Atividade	10 min	Projetos ou apresentações sobre tectônica de placas e vulcanismo.	Materiais para projetos e apresentações digitais	Aplicar e comunicar conceitos de tectônica e vulcanismo.	Exercício de fixação
Encerramento	5 min	Revisão dos conceitos e coleta de avaliação.	Formulários de avaliação	Avaliar compreensão dos alunos e eficácia da aula.	Reflexão final

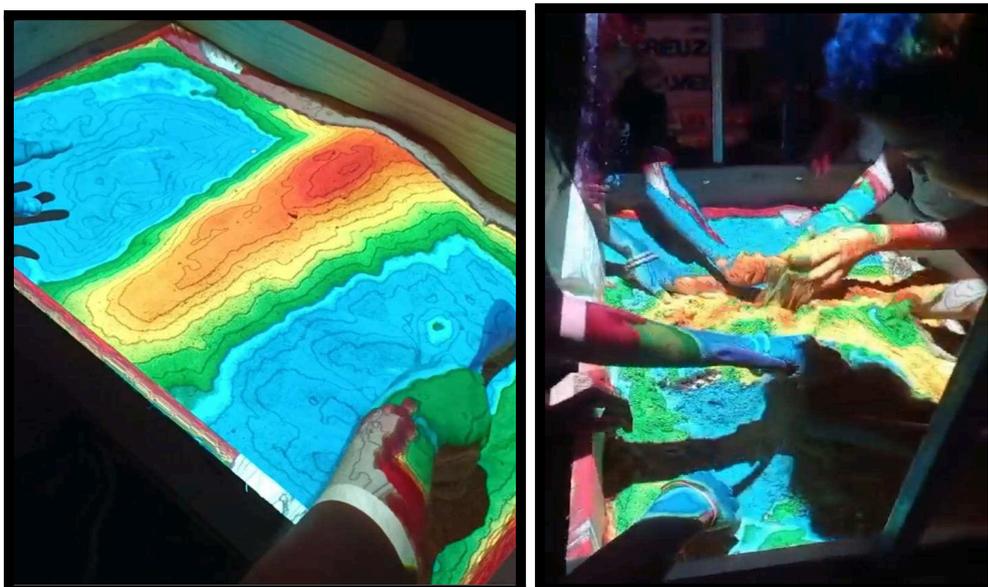
Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Durante a preparação da simulação na caixa de areia, explique detalhadamente a configuração e o propósito de cada elemento. Demonstre como a areia e outros componentes simulam os processos geológicos, como a movimentação das placas e o vulcanismo. Este é o momento para assegurar que os alunos compreendam a correlação entre o modelo físico e os fenômenos reais, preparando-os para a fase de observação e análise.

Ao executar a simulação, oriente os alunos para observar as mudanças na caixa de areia, indicando momentos específicos como o encontro das placas tectônicas ou a simulação de uma erupção vulcânica. Encoraje-os a registrar suas observações e a discutir o que estão vendo, relacionando com os conceitos previamente estudados. Use perguntas direcionadas para estimular o pensamento crítico e aprofundar a compreensão dos processos observados.

A segunda aula deste módulo didático leva os estudantes a uma exploração tátil da tectônica de placas, um processo geológico fundamental, que esculpe a fisionomia do nosso planeta. Aqui o professor pode contextualizar a dança multimilenar das placas tectônicas que, em um balé lento, mas poderoso, são responsáveis por fenômenos grandiosos que testemunhamos na Terra. Montanhas que rasgam o céu como a cordilheira dos Andes ou o Himalaia, vulcões que modelam e remodelam paisagens, e terremotos que revelam as forças ocultas abaixo da superfície terrestre: são todos resultados deste movimento incessante.

Figura 31 - Demonstração acerca de dobramentos antigos e modernos



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

Nessa aula, os alunos têm a chance de simular a formação de montanhas por meio da colisão de placas em movimento convergente, visualizando como as forças tectônicas elevam o terreno. Enquanto manipulam a areia para criar elevações e depressões, eles devem ser instruídos sobre o conceito de curvas de nível, que são representações bidimensionais de terreno tridimensional. Este é um conceito fundamental em Geografia, utilizado em mapas topográficos para descrever a altimetria e a inclinação do relevo.

Ao moldar as elevações na areia, os estudantes podem observar como as curvas de nível se formam, entendendo que linhas mais próximas indicam terrenos mais íngremes e linhas mais distantes representam áreas mais planas. Esta atividade não apenas reforça a compreensão dos conceitos geográficos, mas também desenvolve habilidades espaciais e de raciocínio que navegam entre o objetivo e o abstrato constantemente.

A aula pode ser finalizada em uma atividade reflexiva, na qual cada aluno é incentivado a compartilhar suas observações e descobertas. Questões sobre a distribuição geográfica de fenômenos naturais, como vulcões e terremotos, e sua relação com as placas tectônicas, podem ser exploradas. O professor pode dirigir a discussão para a aplicação prática desses conceitos, como no planejamento urbano e na prevenção de desastres naturais.

Conduza uma discussão reflexiva para analisar os fenômenos observados. Discuta as implicações desses processos no relevo terrestre e na vida humana, enfatizando a importância da geologia na prevenção de desastres naturais e no planejamento urbano. Este é um momento crucial para integrar o conhecimento teórico com aplicações práticas, ajudando os alunos a verem a relevância dos conceitos geográficos em contextos mais amplos e preparando-os para as próximas etapas do processo, “As formas do relevo”.

Ao introduzir os tipos básicos de relevo e as estruturas geológicas (Quadro 03), é recomendado que o professor utilize exemplos regionais para ilustrar esses conceitos, como o Planalto da Borborema e a Depressão Sertaneja, no caso do sertão nordestino. Isso não só ajuda a conectar o conteúdo com a realidade dos alunos, mas também aumenta o interesse e a relevância do aprendizado. O uso de recursos multimídia para ilustrar esses processos proporcionará uma base sólida para os estudantes, facilitando a compreensão dos conceitos que serão simulados na caixa de areia. É recomendável selecionar imagens, vídeos e diagramas que demonstrem claramente os movimentos das placas tectônicas e os efeitos do vulcanismo na formação do relevo terrestre.

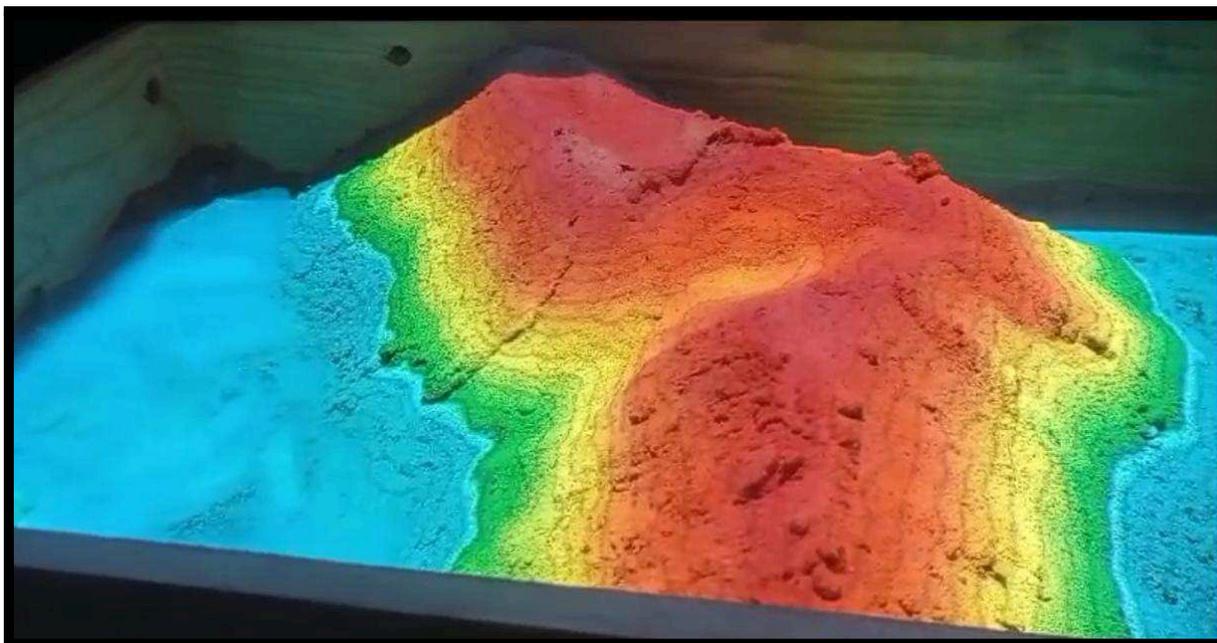
Quadro 03 - Plano de aula 03 - Fenômenos Litosféricos - As formas do relevo

<b>Plano de Aula 03: As formas do Relevo</b>					
<b>Etapa</b>	<b>Tempo</b>	<b>Conteúdos e Atividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Objetivos de Aprendizagem</b>	<b>Fundamentação</b>
Introdução	10 min	Tipos básicos de relevo e suas origens geológicas; discussão inicial.	Diagramas de relevo	Introduzir conceitos sobre formação do relevo terrestre.	EF06GE07RN
Simulação	25 min	Configuração e simulação na caixa de areia; projeção de curvas de nível.	Caixa de areia com RA	Entender como processos geológicos moldam o relevo.	EF06GE08RN e EF06GE04
Discussão	15 min	Análise das formações observadas e relação com o relevo do RN.	Anotações dos alunos	Relacionar conceitos geológicos com a geografia local.	EF06GE03RN
Atividade	10 min	Representações de curvas de nível baseadas nos tipos de relevo.	Materiais para projetos	Aplicar conceitos de curvas de nível.	Exercício de fixação
Encerramento	5 min	Recapitulação dos conceitos e avaliação dos alunos.	Formulários de avaliação	Consolidar conhecimento e avaliar a aula.	Reflexão final

Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Durante a simulação na caixa de areia, o professor deve guiar os alunos por meio de cada passo do processo, explicando como a manipulação da areia simula os movimentos das placas e a formação de características geológicas como montanhas e cordilheiras. É importante que os alunos sejam encorajados a participar ativamente, fazendo previsões e observando as mudanças na configuração da areia, é importante que o professor destaque como as curvas de nível são utilizadas para representar visualmente as variações no relevo na caixa de areia. A explicação sobre como essas curvas são projetadas e o que elas representam ajudará os alunos a compreenderem melhor a topografia e sua representação em mapas.

Figura 32 - Formas de relevo e as curvas de nível



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Após a simulação, deve haver uma discussão que permita aos alunos relacionarem o que observaram com o relevo do Rio Grande do Norte e outros exemplos, nacional ou globais. Utilize perguntas que incentivem a análise crítica e a aplicação do conhecimento; por exemplo: "Como os processos que simulamos são visíveis no Pico do Cabugi ou na formação da Depressão Sertaneja?". Essa abordagem não só reforça o conteúdo aprendido: destaca, ainda, a relevância local do estudo da geografia física. É importante relacionar os conceitos geológicos e suas manifestações no relevo do Rio Grande do Norte, discutindo como esses fenômenos podem influenciar a vida e a economia locais, como por exemplo, a ausência de portos de grande porte devido à planície litorânea rasa.

Por conseguinte, os alunos devem ser orientados na criação de mapas conceituais ou projetos visuais que sintetizem os conceitos discutidos. Essa tarefa deve ser encarada como uma oportunidade para os alunos consolidarem seu entendimento por meio da expressão criativa, aplicando artisticamente o que aprenderam sobre a dinâmica da litosfera, estabelecendo umnexo para a aula seguinte que foca nos fenômenos exógenos do relevo.

Durante a introdução teórica (Quadro 04), é essencial que o professor estabeleça uma conexão dos conceitos de erosão e intemperismo com a experiência prévia dos alunos sobre fenômenos litosféricos, facilitando uma transição suave para a compreensão dos processos

exógenos. O professor deve garantir que todos os alunos entendam o funcionamento da caixa de areia e como a água será usada para representar diferentes tipos de erosão. Esta etapa é crucial para engajar os alunos e prepará-los para a parte prática, onde eles podem visualizar e discutir as transformações do relevo causadas pela água.

Quadro 04 - Plano de aula 04 - Fenômenos Exógenos do Relevo

<b>Plano de Aula 04: Erosão e intemperismo fluvial</b>					
<b>Etapa</b>	<b>Tempo</b>	<b>Conteúdos e Atividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Objetivos de Aprendizagem</b>	<b>Fundamentação</b>
Introdução	10 min	Tipos de erosão e intemperismo; apresentação dos conceitos.	Slides multimídia	Compreender processos exógenos do relevo.	EF06GE01RN e EF06GE02
Simulação	20 min	Configuração e simulação da erosão e intemperismo.	Caixa de areia, água	Visualizar erosão e intemperismo na prática.	EF06GE03 e EF06GE05RN
Discussão	15 min	Análise das transformações observadas.	Anotações dos alunos	Relacionar fenômenos com impactos ambientais.	EF06GE07RN
Atividade	10 min	Projetos de mitigação de erosão.	Materiais de artes, papel, canetas	Desenvolver soluções para controlar a erosão.	Exercício de fixação
Encerramento	5 min	Recapitulação e avaliação dos alunos.	Formulários de avaliação	Avaliar compreensão e engajamento dos alunos.	Avaliação contínua

Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Ao executar a simulação, é importante que o professor incentive os alunos a observarem ativamente as mudanças na areia, perguntando-lhes sobre o que estão vendo e o que acham que essas mudanças representam em termos de processos geológicos reais. Isso ajuda a aprofundar a compreensão e a estimular a curiosidade científica.

Durante a discussão e análise, o foco deve ser centrado na conexão das observações com os impactos reais da erosão e do intemperismo na vida dos alunos e em suas comunidades. Isso pode incluir discussões sobre como a erosão afeta a agricultura, a segurança das infraestruturas e os ecossistemas locais. A atividade complementar deve ser uma oportunidade para os alunos aplicarem o que aprenderam, projetando soluções criativas para problemas de erosão em suas comunidades. Isso não apenas reforça o aprendizado, mas também promove habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas. Uma sugestão de atividade é um projeto que aborde aspectos dos rios locais como a preservação das matas ciliares na prevenção do processo de assoreamento, como é o caso do rio que dá o nome à comunidade, Riacho do Sangue.

### **7.1.2. Fenômenos Hidrosféricos**

Na preparação das aulas da *Sequência Didática 2 – As Temáticas físico-naturais do Espaço Geográfico experienciadas com a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada - Fenômenos Hidrosféricos*, é vital que o professor construa um entendimento claro dos fenômenos marítimos e sua importância tanto em escala global quanto local.

A introdução (Quadro 05) deve estabelecer um entendimento sobre as diferentes temperaturas do planeta terra que ocasionam parte dos movimentos das águas do oceano, as quais se modelam ao longo do relevo marinho e costeiro, chegando até a discussão dos conceitos de correntes marítimas e ressurgência, e como estes fenômenos interagem com o relevo submarino e influenciam climas e ecossistemas.

É importante detalhar como os miniventiladores e piezoelétricos funcionarão juntos para criar um modelo dinâmico de correntes marítimas e ressurgência, um responsável pela criação do vapor que simula a água e o outro estimulando o movimento dele. A explicação deve ser clara para que os alunos possam visualizar o que será simulado e compreender o propósito de cada componente do experimento.

Os ventiladores são estrategicamente posicionados para criar fluxos de ar que representam as correntes oceânicas. A neblina piezoelétrica, por sua vez, ilustra as variações de temperatura e densidade que influenciam esses movimentos. À medida que os alunos observam essas correntes simuladas em ação, o professor explica como a topografia do fundo do mar e as variações de temperatura da água influenciam a formação e a direção das

correntes. Em seguida, o foco se volta para a ressurgência oceânica. O professor demonstra, por meio da Caixa de Areia, como a água fria e rica em nutrientes é trazida à superfície, um processo essencial para a vida marinha.

Quadro 05 - Plano de aula 05 - Fenômenos hidrosféricos: Correntes Marítimas e o Fenômeno da Ressurgência

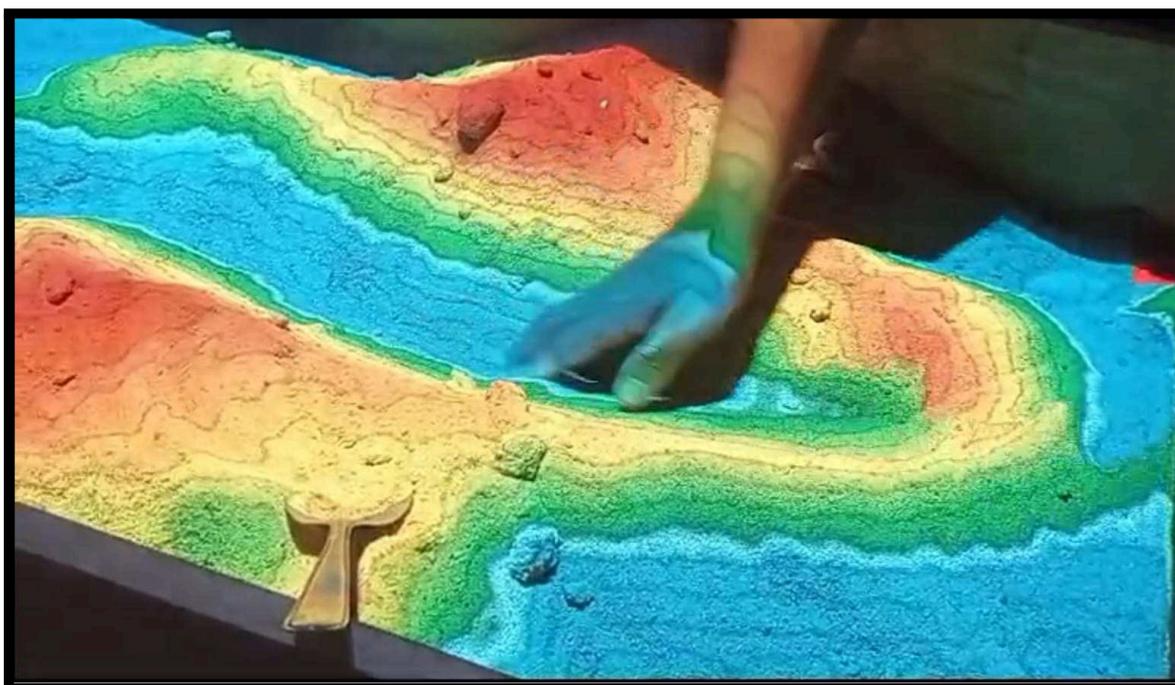
<b>Aula 5: Correntes Marítimas e o Fenômeno da Ressurgência</b>					
<b>Etapa</b>	<b>Tempo</b>	<b>Conteúdos e Atividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Objetivos de Aprendizagem</b>	<b>Fundamentação</b>
Introdução	10 min	Conceitos de correntes marítimas e ressurgência.	Slides multimídia	Compreender processos de correntes e ressurgência.	EF06GE05RN
Simulação	20 min	Simulação de correntes marítimas na caixa de areia.	Caixa de areia com RA	Visualizar dinâmica oceânica na prática.	EF06GE10RN
Discussão	15 min	Análise dos impactos observados.	Anotações dos alunos	Relacionar fenômenos com clima e economia.	EF06GE07RN
Atividade	10 min	Modelagem dos impactos das correntes.	Materiais de artes	Aplicar conhecimentos em modelos práticos.	EF06GE09
Encerramento	5 min	Recapitulação e avaliação dos alunos.	Formulários de avaliação	Avaliar compreensão e engajamento.	Avaliação contínua

Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Os alunos devem observar e se sentirem estimulados a questionar como as correntes são modeladas pelo ambiente marinho e afetam a vida marinha e as atividades humanas, como a pesca. As discussões devem ser guiadas de forma que os alunos possam fazer conexões entre a simulação e as realidades econômicas e ecológicas do Rio Grande do Norte, particularmente no que se refere às práticas de pesca sustentável e à gestão dos recursos marinhos.

A atividade complementar pode ser uma pesquisa acerca do impacto das correntes marítimas e das áreas de ressurgência no mundo. Encoraje os alunos a pensarem comparativamente quanto às atividades de pesca na costa e no interior do continente e como isto pode moldar a dinâmica de vida das pessoas da comunidade do litoral, tanto em aspectos econômicos de trabalho, como de cultura quanto a culinária.

Figura 33 - Simulação do relevo oceânico e correntes marinhas



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

Na aula seguinte (Quadro 06), ao conduzir a aula sobre o ciclo da água, é essencial que o professor contextualize com os fenômenos atmosféricos de maneira integrada e dinâmica, destacando sua importância para os sistemas naturais e para a sociedade. A introdução teórica deve servir não apenas para expor os conceitos de evaporação, condensação e precipitação, mas também para vincular esses processos aos impactos locais e globais, como as mudanças climáticas e a gestão dos recursos hídricos, mencionando exemplos locais como a influência do ciclo da água no clima e na agricultura do Rio Grande do Norte. Este momento deve estabelecer uma base sólida para a compreensão dos fenômenos naturais e para preparar os alunos quanto à simulação.

Quadro 06 - Plano de aula 06 - Fenômenos hidrosféricos: o ciclo da água

<b>Plano de Aula 06 - Fenômenos hidrosféricos: o ciclo da água</b>					
<b>Etapa</b>	<b>Tempo</b>	<b>Conteúdos e Atividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Objetivos de Aprendizagem</b>	<b>Fundamentação</b>
Introdução	10 min	Conceitos do ciclo da água e clima.	Quadro e expositor	Compreender o ciclo da água.	EF06GE11
Simulação	5 min	Preparação da caixa de areia.	Caixa de areia com RA, ventiladores	Visualizar processos hidrológicos.	EF06GE13RN
Execução	20 min	Simulação do ciclo da água.	Caixa de areia com RA, ventiladores	Entender o ciclo da água.	EF06GE07RN
Discussão	10 min	Análise dos impactos do ciclo da água.	Anotações dos alunos	Relacionar fenômenos com impactos.	EF06GE05
Atividade	10 min	Projetos de mitigação de impactos.	Materiais de arte	Aplicar conhecimento em soluções.	Exercício de fixação
Encerramento	5 min	Recapitulação e avaliação.	Formulários de avaliação	Avaliar compreensão e engajamento.	Avaliação contínua

Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Cada componente da caixa de areia deve ser apresentado: como os piezoelétricos geram neblina para simular a evaporação e como os miniventiladores ajudam a modelar a condensação ao direcionar o vapor para um objeto frio, representando nuvens que precipitam. Esta explicação deve ser técnica, mas acessível, garantindo que os alunos entendam como a simulação representa os processos naturais.

Na execução da simulação, é crucial que o professor guie os alunos por meio de cada passo do ciclo da água observado na caixa de areia; encorajar os alunos a fazerem previsões sobre o que acontecerá em seguida pode aumentar o engajamento e a curiosidade. Discussões sobre como essa simulação se relaciona com fenômenos naturais reais, como chuvas e inundações devem ser incentivadas para reforçar a aplicação prática do conhecimento.

Figura 34 - Demonstração acerca do ciclo da água a partir da evaporação dos oceanos



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

Nessa aula, o professor guia a classe em uma discussão sobre o ciclo hidrológico global, destacando como a evaporação é apenas o começo de uma jornada que a água percorre incessantemente. Os alunos são incentivados a tocar e interagir com a névoa, um ato que simboliza a transição da água por meio de diferentes estados e ambientes. A seguir, a precipitação é simulada, e a água que antes subia agora retorna à areia, ilustrando a chuva que alimenta rios, lagos e oceanos.

O professor aproveita esses momentos de curiosidade, sempre estimulados pela simulação, para enfatizar a importância da água para todas as formas de vida e para a sustentabilidade do planeta. Na discussão e análise, o professor deve conduzir uma reflexão sobre como o ciclo da água impacta questões ambientais e sociais, como o abastecimento de água e a gestão de recursos hídricos. Este é um momento para explorar como o entendimento do ciclo da água pode ajudar na prevenção de desastres naturais, como enchentes, e no desenvolvimento de práticas sustentáveis de gestão de água.

A atividade complementar deve ser uma oportunidade para os alunos aplicarem o que aprenderam, desenvolvendo projetos que abordem problemas locais relacionados à água, como a conservação de nascentes e o combate à poluição hídrica. Esta atividade deve ser prática e criativa, permitindo que os alunos demonstrem sua compreensão dos conceitos e sua capacidade de aplicá-los em contextos reais.

### 7.1.3 Fenômenos Atmosféricos

O último conjunto de aulas refere-se à *Sequência Didática 3 – As Temáticas físico-naturais do Espaço Geográfico experienciadas com a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada - Fenômenos Atmosféricos*.

Na aula 07 (Quadro 07), convida-se os alunos a investigarem os padrões de precipitação. Utiliza-se a Caixa de Areia e a neblina para simular chuvas orográficas, demonstrando a influência topográfica na distribuição das chuvas e seus impactos regionais. Os alunos podem ser incentivados a analisarem as diferenças climáticas resultantes, considerando as implicações nos biomas e na distribuição de recursos hídricos.

Com a utilização de nebulizadores para representar as nuvens e uma variedade de elevações moldadas na areia para simular as montanhas, demonstramos como as massas de ar úmido são forçadas a subir e se resfriar ao encontrarem um relevo elevado, resultando em precipitação. Os alunos observam, em tempo real, como a topografia influencia a formação das chuvas e como diferentes altitudes e orientações das encostas afetam a quantidade de precipitação recebida.

Seguindo essa demonstração, encorajamos os alunos a analisarem as consequências climáticas dessas chuvas. Guiamos uma discussão sobre como as chuvas orográficas podem criar microclimas em regiões montanhosas, com um lado da montanha recebendo chuvas abundantes e o outro permanecendo seco. Abordamos, então, as implicações desses padrões de precipitação nos biomas locais, enfatizando como a distribuição desigual de chuvas afeta a vegetação, a fauna e, em última instância, os recursos hídricos disponíveis para os seres humanos e outros organismos vivos.

É essencial vincular essa discussão ao relevo específico do Rio Grande do Norte, como o Planalto da Borborema, e demonstrar como essa área geográfica pode afetar o clima local. Explicam-se os termos técnicos com clareza, garantindo que os estudantes possam compreender as informações sem dificuldades.

Antes de iniciar a simulação, mostra-se visualmente a posição do relevo modelado na areia que representa o Planalto da Borborema e outras características topográficas relevantes do estado. Esta explicação deve servir para conectar os recursos visuais à teoria discutida anteriormente, tornando a simulação mais significativa.

Quadro 07 - Plano de aula 07 - Fenômenos Atmosféricos - Tipos de chuva

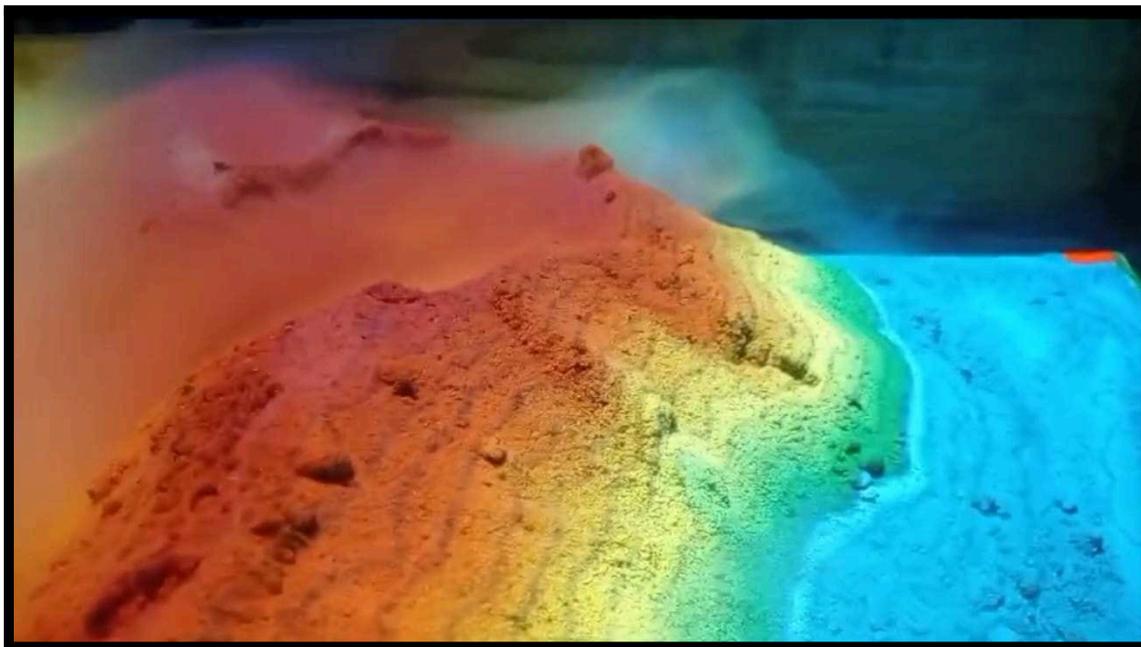
<b>Plano de Aula 07 - Fenômenos Atmosféricos - Tipos de chuva</b>					
<b>Etapa</b>	<b>Tempo</b>	<b>Conteúdos e Atividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Objetivos de Aprendizagem</b>	<b>Fundamentação</b>
Introdução	10 min	Tipos de chuva: convectivas, frontais, orográficas.	Slides e vídeos	Compreender tipos de chuvas e relevo.	EF06GE04RN e EF06GE05
Simulação	5 min	Configuração da caixa de areia.	Caixa de areia, ventiladores	Visualizar simulações de chuvas.	EF06GE07RN
Execução	20 min	Simulação e análise do impacto do relevo.	Caixa de areia, ventiladores	Entender formação de chuvas e relevo.	EF06GE05
Discussão	10 min	Análise dos efeitos do relevo na precipitação.	Anotações dos alunos	Relacionar simulação com clima local.	EF06GE03RN
Atividade	10 min	Projetos sobre impacto climático local.	Materiais de projeto, dados climáticos	Analisar impacto e propor soluções.	EF06GE03RN
Encerramento	5 min	Recapitulação e avaliação.	Formulários de avaliação	Avaliar compreensão e eficácia da aula.	EF06GE08RN

**Fonte:** Acervo do autor, 2024.

A aula é enriquecida com atividades práticas em que os alunos são convidados a criar seus próprios modelos topográficos na Caixa de Areia e prever onde ocorrerão as chuvas. Eles experimentam com diferentes configurações, observando as alterações na distribuição de precipitação e discutindo suas observações em grupo. Essa abordagem interativa não só reforça seu entendimento teórico, mas também fomenta habilidades de observação, análise e raciocínio crítico.

Durante a simulação, guie os alunos para observarem as mudanças na caixa de areia. Encoraje a participação ativa, perguntando-lhes sobre o que esperam ver e como as diferentes configurações de relevo podem influenciar os padrões de precipitação observados. Incentive os alunos a registrarem suas observações, pois isso fomenta não apenas o envolvimento durante a aula, mas também a habilidade de relatar cientificamente suas descobertas.

Figura 35 - Simulação do efeito orográfico



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

Promova uma discussão que permita aos alunos articularem suas observações com o conhecimento teórico fornecido. Facilite um debate sobre como as configurações do relevo, como visto com o Planalto da Borborema, influenciam o clima das áreas circundantes. Relacione esta discussão com impactos reais, como a formação de nascentes de rios importantes para a região, e como isso se relaciona com o bem-estar humano e a biodiversidade local.

Por fim, na aula 8 (Quadro 08), com a neblina e os ventiladores, simule as brisas marítimas e continentais por meio da manipulação da neblina em diferentes áreas da caixa, estimulando um debate sobre como as variações térmicas entre o mar e a terra moldam nosso clima. Esta aula é uma oportunidade para realçar a importância dos padrões climáticos e seus efeitos no nosso dia a dia, bem como nas rotas aéreas de umidade da Amazônia.

O professor deve iniciar a aula contextualizando os conceitos de massas de ar no clima local do Rio Grande do Norte. Utilizar recursos visuais, como mapas e gráficos climáticos, ajudará a ilustrar como esses fenômenos afetam o clima em diferentes regiões do estado. É essencial que o professor explique claramente a mecânica desses fenômenos climáticos e estabeleça uma base sólida de conhecimento que permita aos alunos entenderem

as simulações subsequentes, explicando como os miniventiladores e piezoelétricos serão usados para simular as brisas e as chuvas de monções. É crucial que os alunos entendam o papel de cada dispositivo na simulação para que possam relacionar os efeitos observados com os conceitos discutidos anteriormente.

Quadro 08 - Plano de aula 08 - Fenômenos Atmosféricos - Circulação das massas de ar

<b>Plano de Aula 08 - Brisas marítimas e continentais, e chuvas de Monções</b>					
<b>Etapa</b>	<b>Tempo</b>	<b>Conteúdos e Atividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Objetivos de Aprendizagem</b>	<b>Fundamentação</b>
Introdução	10 min	Brisas marítimas e continentais, chuvas de monções.	Slides e vídeos	Compreender brisas e chuvas de monções.	EF06GE07
Simulação	5 min	Configuração da caixa de areia.	Caixa de areia com RA, ventiladores, névoa	Preparar para simulação de fenômenos.	EF06GE07
Execução	20 min	Simulação de brisas e chuvas de monções.	Caixa de areia com RA, ventiladores, névoa	Visualizar e analisar efeitos climáticos.	EF06GE09
Discussão	15 min	Efeitos climáticos observados.	Anotações dos alunos	Discutir implicações climáticas.	EF06GE09
Atividade	10 min	Projetos de análise climática.	Materiais de projeto, dados climáticos	Aplicar conhecimento em análise real.	EF06GE06RN
Encerramento	5 min	Recapitulação e avaliação.	Formulários de avaliação	Avaliar compreensão e eficácia da aula.	Avaliação contínua

Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2024.

Durante a simulação, faça os alunos observarem como o vapor d'água é empurrado pelos ventiladores, criando padrões que simulam as brisas marítimas e continentais e as chuvas de monções. Instrua-os a anotar as mudanças observadas e encoraje-os a prever os resultados das variações nas configurações dos ventiladores. Esta é uma oportunidade para

eles aplicarem seu conhecimento teórico em um contexto prático e verem os efeitos imediatos das alterações atmosféricas simuladas.

Figura 36 - Simulação brisa marítima e continental



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

Com esta simulação, explora-se como as correntes de ar que se originam na Amazônia transportam umidade vital para outras regiões, afetando ecossistemas e padrões climáticos em uma escala global. Esta discussão realça a importância da preservação da floresta Amazônica para a manutenção do equilíbrio climático.

O encerramento desta aula pode ser com uma atividade que permita aos alunos a aplicação do que aprenderam de forma criativa, como projetar um experimento que poderia testar uma variável diferente na simulação ou criar um relatório que descreva como as mudanças climáticas podem afetar os padrões de brisas e monções no futuro. Os alunos são incentivados a pensar sobre como o conhecimento adquirido pode ser aplicado para prever e mitigar os efeitos das mudanças climáticas. Esta última aula não só consolida o aprendizado

dos conceitos geográficos e meteorológicos, mas também inspira os alunos a serem agentes de mudança na promoção da sustentabilidade e na proteção do meio ambiente.

## **7.2 Avaliação e análise da experiência**

A jornada para integrar o projeto de Realidade Aumentada em uma sala de aula rural foi marcada por desafios substanciais, principalmente devido à escassez de recursos e à realidade do trabalho infantil, que afeta diretamente a assiduidade dos estudantes. Em tal contexto, a aplicação uniforme de métodos de ensino torna-se uma tarefa hercúlea, não apenas pela falta de garantia da presença constante dos alunos, mas também pelas limitações intrínsecas a esse tipo de ambiente de aprendizado.

Entretanto, a verdadeira medida do sucesso do projeto não se encontra nas médias de notas bimestrais, que, embora tenham apresentado uma melhora modesta, não são o único indicador do impacto educacional. A verdadeira contribuição está no aumento palpável do engajamento e do comprometimento de uma parcela significativa dos estudantes com as atividades propostas ao longo do período letivo.

O projeto proporcionou aos alunos uma oportunidade de absorver conhecimento mesmo que de maneira fragmentada, com diferentes estudantes se apropriando e internalizando variadas partes da instrução conforme suas presenças e interesses. Embora um aluno possa não capturar a totalidade do conteúdo apresentado, outro poderia preencher essa lacuna, criando um mosaico de compreensão coletiva que se fortalece com o tempo.

Apesar do avanço no envolvimento dos alunos, é preciso cautela ao estabelecer correlações diretas entre o uso do projeto e a melhoria observada. Fatores externos e variáveis não controladas, intrínsecas ao ambiente escolar e ao contexto social dos alunos, desempenham um papel que não pode ser ignorado. Portanto, afirmar que o projeto foi o único catalisador para tal engajamento seria simplificar excessivamente a complexidade das circunstâncias educacionais.

Quanto ao engajamento e à participação, a princípio, a Caixa de Areia serve como um ímã, capturando a atenção dos alunos com sua dinâmica visual e interativa. Este momento inicial é decisivo, pois estabelece o terreno para um engajamento verticalizado. Os alunos, encantados pela capacidade de manipular e visualizar fenômenos geográficos de forma tangível, mostram-se mais abertos e receptivos ao aprendizado.

À medida que a novidade do projeto começa a se integrar à rotina das aulas, os alunos passam gradualmente da exploração e do encantamento para um entendimento mais aprofundado. Geralmente, após duas ou três sessões com a Caixa de Areia, eles se familiarizam com suas funcionalidades, permitindo que o foco se desloque para os conceitos geográficos subjacentes.

É aqui que a habilidade e a expertise do professor entram em cena. Por meio de uma mediação cuidadosa e direcionada, o professor guia os alunos da interação inicial com a tecnologia para uma compreensão enriquecida e complexa dos tópicos abordados. Essa transição é alcançada ao conectar as atividades práticas à teoria e ao estimular discussões reflexivas e críticas. O professor desempenha um papel vital em transformar a curiosidade inicial em um aprendizado significativo, utilizando a Caixa de Areia como uma ferramenta para ilustrar e aprofundar os conceitos geográficos.

Além do conhecimento específico da disciplina, o uso da Caixa de Areia Interativa contribui para o desenvolvimento de habilidades essenciais, como trabalho em equipe, comunicação eficaz e pensamento crítico. Os alunos aprendem não apenas sobre Geografia, mas também sobre colaboração, expressão de ideias e análise crítica dos fenômenos naturais e seus impactos no mundo real.

Paralelamente, observa-se que atividades colaborativas tendem a ter maior sucesso em comparação com tarefas individuais. Isso se deve ao fato de que o trabalho em equipe estimula a discussão, a troca de ideias e a construção coletiva do conhecimento. Na prática, ao interagir com a Caixa de Areia e discutir os resultados das simulações com os colegas, os alunos não apenas absorvem melhor os conceitos geográficos, mas também desenvolvem habilidades sociais e de comunicação.

A eficácia desta ferramenta depende em grande parte de como o professor consegue integrá-la ao currículo existente. A Caixa de Areia Interativa oferece uma vasta gama de possibilidades pedagógicas, permitindo sua aplicação em diversos níveis educacionais, desde a escola básica até o ensino superior. Esta versatilidade surge da capacidade do projeto de adaptar-se a diferentes contextos e objetivos de aprendizado. Por exemplo, em níveis mais básicos, pode ser utilizada para introduzir conceitos geográficos fundamentais de uma maneira interativa e envolvente. Já no ensino superior, as simulações podem ser utilizadas para explorar processos geológicos e climáticos mais complexos, permitindo análises e experimentações detalhadas.

Quanto à operacionalização do projeto, os alunos geralmente encontram uma curva de aprendizado relativamente simples. A natureza intuitiva da Caixa de Areia Interativa favorece a exploração e a experimentação, o que torna o processo de aprendizado mais dinâmico e envolvente. No entanto, um desafio significativo reside na necessidade de um computador com configurações e capacidade de processamento adequadas às exigências do projeto. Este requisito pode representar um custo elevado, especialmente em contextos nos quais os recursos são limitados, como em escolas rurais ou instituições com orçamentos restritos. A aquisição de um computador compatível não é apenas uma questão financeira, mas também técnica, pois o sucesso do projeto depende da fluidez e da qualidade das simulações geradas.

No que se refere ao impacto direto na aprendizagem dos alunos, a avaliação objetiva do nível exato de contribuição do experimento ainda permanece indeterminada. Para uma compreensão mais precisa e abrangente, seria necessário replicar o uso da Caixa de Areia Interativa em um espectro mais amplo de ambientes educacionais, envolvendo um número maior e mais diversificado de alunos. Essa abordagem permitiria coletar dados mais representativos e realizar análises comparativas, fornecendo *insights* valiosos sobre a eficácia da ferramenta em diferentes contextos e grupos de estudantes.

No entanto, mesmo sem uma avaliação quantitativa definitiva, é inegável que o equipamento tem se mostrado um recurso valioso para dinamizar as aulas e introduzir um elemento tecnológico na rotina escolar. A interatividade e o visual atraente da Caixa de Areia capturam a atenção dos alunos e os incentivam a participar ativamente do processo de aprendizado. Este aspecto é particularmente relevante em ambientes educacionais onde o engajamento dos alunos pode ser desafiador.

É fundamental, contudo, não considerar a Caixa de Areia Interativa como um fim em si, mas sim como uma complementação a um programa educativo mais amplo. Ela deve ser vista como um meio para enriquecer e apoiar o ensino, não como uma solução isolada para todas as necessidades pedagógicas. O sucesso do seu uso depende da integração cuidadosa com outras metodologias e práticas de ensino, visando o desenvolvimento sustentável e, a longo prazo, das habilidades dos alunos.

Em suma, enquanto a Caixa de Areia demonstra um potencial significativo para transformar a experiência de aprendizagem, sua eficácia máxima é alcançada quando inserida dentro de uma estrutura educacional holística e bem planejada. Esta abordagem garante que a

tecnologia sirva como um catalisador para um ensino mais envolvente e efetivo, contribuindo para resultados de aprendizagem sólidos e duradouros.

Quatro alunos destacados pelo trabalho desenvolvido com o projeto foram inscritos na vigésima Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, organizada pelo Instituto Santos Dumont (ISD). Este evento, altamente prestigiado no campo científico e educacional, proporcionou aos alunos uma plataforma para expor suas descobertas e aprendizados.

Figura 37 - Apresentação do projeto no Instituto Santos Dumont



Fonte: Luydh Marthnelly de Sousa, 2023.

O trabalho dos alunos, apresentando o projeto, foi reconhecido com o terceiro lugar na feira, um feito notável considerando a competição com uma ampla gama de projetos de alta qualidade de outras instituições. Este prêmio não é apenas um testemunho do esforço e da dedicação dos alunos, mas também um indicativo da eficácia do projeto em fomentar o interesse e a competência científica entre os jovens estudantes.

A participação neste evento significou para os alunos mais do que apenas um reconhecimento acadêmico; representou seu primeiro contato com um ambiente de produção científica em grande escala. Tal experiência é inestimável, pois não apenas enriqueceu seu aprendizado, mas também abriu portas para futuras oportunidades no campo da ciência e

tecnologia. Estar em um ambiente onde a pesquisa e a inovação são celebradas serve como uma fonte de inspiração e um catalisador para aspirações futuras.

Quanto à sustentabilidade e escalabilidade, um dos desafios enfrentados na evolução do projeto foi a tentativa de integrar servo motores para movimentar a areia, uma ideia que se revelou impraticável devido ao peso da areia e à exigência de funcionamento prolongado dos equipamentos. Esse obstáculo evidencia que, embora a tecnologia tenha um grande potencial, ainda há limitações técnicas que precisam ser superadas para ampliar suas funcionalidades.

Além disso, a inserção de um Arduino como placa base para a interface de manipulação dos equipamentos de nebulização e ventiladores aponta para futuras melhorias no sistema. No entanto, é importante reconhecer que o Arduino, na sua forma atual, não possui capacidade suficiente para executar todos os programas e componentes necessários para o projeto. Esta limitação sugere a necessidade de explorar alternativas ou complementos ao Arduino que possam atender às demandas técnicas do projeto.

Apesar desses desafios, as modificações realizadas até o momento resultaram em um modelo novo e aprimorado de Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada. Uma das principais vantagens desse modelo é sua acessibilidade e replicabilidade em outras escolas. Com orientação adequada, é possível adaptar e implementar este projeto em diferentes contextos educacionais, oferecendo aos alunos uma experiência de aprendizado interativa e envolvente.

Para garantir a escalabilidade, é essencial considerar fatores como a disponibilidade de recursos, a facilidade de montagem e manutenção, e a capacidade de adaptação às necessidades específicas de cada ambiente educacional. Além disso, o treinamento de professores e a criação de materiais de apoio são fundamentais para assegurar a implementação efetiva do projeto em novos locais.

## 8 CONCLUSÃO

A Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada representa uma ferramenta educacional promissora, com grande potencial para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem. Apesar dos desafios técnicos enfrentados, as modificações realizadas até agora abrem caminho para sua expansão e adoção em mais escolas, contribuindo para um Ensino de Geografia dinâmico e interativo.

A avaliação crítica dos objetivos do projeto revela um panorama misto de sucessos notáveis e áreas que necessitam de atenção e refinamento. A inovação trazida pela integração da Realidade Aumentada na caixa de areia tradicionalmente utilizada no Ensino de Geografia representa um salto qualitativo, oferecendo aos alunos uma experiência educacional imersiva e dinâmica. Este avanço ressalta o potencial pedagógico da tecnologia no aprimoramento da compreensão de conceitos geográficos complexos. Contudo, aprofundar o estudo sobre a história e as aplicações anteriores de recursos didáticos análogos poderia enriquecer ainda mais o projeto, fornecendo uma base teórica mais sólida e inspiração para futuras inovações.

A inovação introduzida pelo projeto ao incorporar a Realidade Aumentada transformou a tradicional caixa de areia em uma ferramenta educacional dinâmica, capaz de simular uma variedade de fenômenos atmosféricos. Esta abordagem não apenas revitaliza o uso da caixa de areia no Ensino de Geografia, mas também expande seu potencial ao permitir a visualização e a interação com processos geográficos complexos de maneira intuitiva e engajadora.

Ao integrar tecnologias de Realidade Aumentada, o projeto supera barreiras tradicionais associadas aos recursos didáticos convencionais, oferecendo aos alunos uma experiência de aprendizagem imersiva que facilita a compreensão de conceitos abstratos. Esse avanço sugere um profundo entendimento das possibilidades pedagógicas inerentes à caixa de areia, destacando sua relevância não apenas como um instrumento de ensino, mas como uma plataforma para inovação educacional.

A capacidade de simular fenômenos atmosféricos e geográficos na caixa de areia amplia significativamente o escopo de tópicos que podem ser abordados em sala de aula,

desde a formação de montanhas e vales até a dinâmica das correntes oceânicas e padrões climáticos.

A implementação do projeto no ambiente escolar rural foi meticulosamente planejada, levando em consideração as características únicas e os desafios inerentes a esse contexto. Um dos principais obstáculos enfrentados foi a questão da assiduidade dos estudantes, muitas vezes comprometida pelo envolvimento no trabalho infantil, uma realidade comum em áreas rurais que exige dos alunos responsabilidades além de sua educação formal. Essa situação complexa não apenas impacta a continuidade e a eficácia do processo de ensino-aprendizagem, mas também limita as oportunidades de engajamento dos alunos em atividades educacionais inovadoras, como o projeto em questão.

Para contornar essas dificuldades e maximizar o impacto positivo do projeto, foram desenvolvidas e implementadas estratégias adaptativas específicas, as quais foram pensadas para serem sensíveis às circunstâncias dos alunos e, ao mesmo tempo, promover um ambiente de aprendizagem inclusivo. Entre as abordagens adotadas, destacam-se a flexibilização dos horários e dos vistos das atividades para acomodar as necessidades dos alunos, a criação de sessões de recuperação para aqueles que não puderam participar de determinadas aulas e a utilização de métodos pedagógicos que incentivam a participação ativa, mesmo entre os alunos que possam ter perdido conteúdos anteriores. Essas medidas adaptativas não apenas facilitam a inclusão de todos os alunos nas atividades propostas pelo projeto, mas também demonstram uma compreensão profunda das realidades locais e um compromisso com a superação de barreiras ao acesso à educação de qualidade.

A expansão e o aprimoramento dos componentes de hardware e software constituíram um aspecto fundamental deste projeto, visando enriquecer a experiência educativa por meio da incorporação de tecnologias como sistemas de neblina e ventiladores. Essas inovações representam um passo significativo na direção de tornar a caixa de areia mais versátil, permitindo a simulação de fenômenos atmosféricos de maneira mais realista e tangível.

Contudo, o projeto encontrou desafios técnicos significativos, particularmente no que diz respeito à capacidade de processamento do Arduino. A plataforma Arduino, embora versátil e amplamente utilizada em projetos educacionais e de prototipagem, apresentou limitações em suportar a operação simultânea de todos os componentes eletrônicos necessários para o pleno funcionamento da Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada.

Essa restrição impôs um obstáculo na integração e coordenação eficaz das várias tecnologias envolvidas.

Apesar dessas limitações, surgiu a possibilidade de utilizar o Arduino como uma central de comando dedicada especificamente aos sistemas de neblina e ventiladores. Essa abordagem permite um controle mais efetivo desses componentes, embora não abarque toda a gama de funcionalidades inicialmente previstas. Essa adaptação reflete uma busca contínua por soluções pragmáticas diante dos desafios técnicos, mantendo o foco na melhoria da experiência educativa.

Além disso, a ideia inicial de implementar motores para a movimentação automatizada da areia foi reconsiderada. Apesar de tecnicamente viável, essa funcionalidade poderia, paradoxalmente, diminuir a interação direta dos alunos com a caixa de areia, reduzindo assim uma das principais qualidades do projeto: a capacidade de promover o aprendizado ativo e a exploração manual dos conceitos geográficos.

A sistematização dos conteúdos de Geografia por meio do projeto envolveu uma abordagem para alinhar as simulações interativas proporcionadas pela Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada às diretrizes curriculares e às competências e habilidades estabelecidas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Fundamental, Anos Finais. Esta integração pedagógica visou não apenas enriquecer o processo de ensino-aprendizagem com recursos tecnológicos inovadores, mas também garantir que as atividades propostas estivessem em consonância com os objetivos educacionais nacionais.

Para alcançar essa integração, foi necessário um mapeamento detalhado dos fenômenos geográficos que poderiam ser simulados na caixa de areia, como os processos litosféricos, atmosféricos e hidrosféricos, e sua correspondência com os temas de Geografia previstos no currículo do Ensino Fundamental, Anos Finais. Cada simulação foi cuidadosamente planejada para abordar conceitos específicos, como a formação de montanhas, o ciclo da água e os padrões climáticos, de modo a proporcionar uma experiência educativa tangível e visual para os alunos.

Além disso, a implementação do projeto levou em consideração as competências e habilidades definidas pela BNCC, como a capacidade de compreender, analisar e aplicar conhecimentos geográficos no contexto de questões sociais, ambientais e econômicas. As atividades desenvolvidas com a caixa de areia foram desenhadas para promover o pensamento

crítico, a observação atenta e a análise reflexiva, incentivando os alunos a estabelecerem conexões entre os fenômenos simulados e suas implicações no mundo real.

Nesse sentido, entende-se que a implementação da Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada no Ensino de Geografia demonstrou ser uma estratégia promissora para enriquecer o currículo e engajar os alunos de maneira mais efetiva. No entanto, para que essa ferramenta atinja seu potencial máximo, são necessários ajustes contínuos nos aspectos técnicos e pedagógicos, bem como pesquisas adicionais para avaliar seu impacto no processo de ensino-aprendizagem. Assim, a integração de inovações tecnológicas como essa no ambiente educacional deve ser vista como um processo iterativo, no qual a avaliação dos alunos e professores e a análise crítica da aprendizagem informam o desenvolvimento constante das práticas de ensino.

## 9 REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Regiões de Circundesnudação Pós-Cretáceos no Planalto Brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, v.1, p. 1-21, 1949.

ALBUQUERQUE, M. A. M.; GIORDANI, A.; GIROTTO, E. D.; SIMÕES, W.; AZEVEDO, S. C.; CARVALHO, L. E. P.; SOUZA, J. G. **Manifesto**: críticas às reformas neoliberais na educação: prólogo do Ensino de Geografia. Marília: Lutas Anticapital, 2021. v. 1. 169 p.

ARIÈS, P. **História Social da Criança e da Família**. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

BELMONTE, J. L.; SÁNCHEZ, S. P.; CABRERA, A. F.; RODRÍGUEZ, J. M. R. U. Uses and integration of augmented reality in the educational cooperatives of Andalusia (Spain). **Journal of Technology and Science Education**, v. 10, n. 1, 13 f., 2020.

BORSATO, V. A. Chuvas convectivas e frontais; base metodológica. In: I ENCONTRO REGIONAL DE GEOGRAFIA APLICADA À GESTÃO DA SAÚDE e SEMANA DA GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ, I; XVI, **Anais...** 28 a 30 de maio de 2007, Maringá: UNEM, 13 f.

CAIXA-E-ÁGUA. **Caixa de Areia Interativa**: entendendo a água “fora da caixa” usando realidade virtual aumentada. Projeto de Pesquisa aprovado no Programa de Apoio à Produção de Material Didático para a Educação Básica - Projeto Água. 2016. Disponível em: <http://caixaeagua.blogspot.com/2016/07/conheca-o-projeto-caixae-agua.html>. Acesso em: 22 jul. 2023.

CALADO, L. **Dinâmica da interação da atividade de meso-escala da Corrente do Brasil com o fenômeno da ressurgência costeira ao largo de Cabo Frio e Cabo de São Tomé, RJ**. 2006. Tese (Doutorado em Oceanografia Física) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CAPEL, H. G. C. **Filosofia e ciência na Geografia Contemporânea**: uma introdução à Geografia. Volume I. Organizado por Jorge Guerra Villalobos. Maringá: Massoni, 2007. 117 p.

CARVALHO, D. de. **Methodologia do Ensino Geographico**. Petrópolis: Typographia das Vozes de Petrópolis, 1925.

CASTRO, C.; PLÁCIDO, R.; MEDEIROS, I. **Educação Tecnológica no Brasil: a Geopolítica e a Geografia Política do processo histórico**. Metodologias e Aprendizado. [S. l.], v. 6, p. 516-533, 2023. DOI: 10.21166/metapre.v6i.3983. Disponível em: <https://191.52.0.34/index.php/metapre/article/view/3983>. Acesso em: 13 jan. 2024.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Editora Blucher, 1999.

CUNHA, C. D. da *et al.* Desenvolvimento e aplicação da SandBox no Ensino de Geografia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM SOLOS, 8., 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Humanitas, 2016. p. 39-44. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/324149500\\_Desenvolvimento\\_e\\_aplicacao\\_da\\_Sandbox\\_no\\_ensino\\_de\\_geografia\\_fisica](https://www.researchgate.net/publication/324149500_Desenvolvimento_e_aplicacao_da_Sandbox_no_ensino_de_geografia_fisica). Acesso em: 08 jan. 2021.

DEWEY, J. **Como Pensamos: como se relaciona o pensamento reflexivo com o processo educativo, uma reexposição**. São Paulo: Editora Nacional, 1979a.

\_\_\_\_\_. **Democracia e Educação**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1959.

\_\_\_\_\_. **Experiência e educação**. São Paulo: Editora Nacional, 1979b.

DIAS, A. M. L.; PEREIRA, K. S. S.; CARVALHO, L. E. P. (Org.). **Pedagogia de projetos em Geografia: teorias e práticas**. Campina Grande: EDUFPG, 2020. 187 p.

FERREIRA, A. D. *et al.* **Deteccão das interações do sistema brisa marinha/terrestre com sistemas sinóticos na costa leste de Alagoas utilizando a Transformada Wavelet**. 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado em Processos de superfície terrestre) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

FISCH, G. F.; MARENGO, J. A.; NOBRE, CARLOS. Clima da Amazônia. **Climanálise**, São José dos Campos, INPE, p. 24-41, 1996.

GABAGLIA, R. **Práticas de Geographia**. Rio de Janeiro: Francisco Alves. 192-.

KIRNER, C.; KIRNER, T. G. Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade

Aumentada. In: RIBEIRO, M. W.; ZORZAL, E. R. **Livro do pré-simpósio**, XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality. Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Computação, 2011, p. 10 – 25. Disponível em: [http://de.ufpb.br/~labteve/publi/2011\\_svrps.pdf](http://de.ufpb.br/~labteve/publi/2011_svrps.pdf). Acesso em: 24 jul. 2023.

KREYLOS, O. **Augmented Reality Sandbox**. 2020. Disponível em: <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>. Acesso em: 15 mar. 2021.

LISZEWSKI, A. **Kinect Powered Sandbox Turns Hills and Valleys Into a Living Ecosystem**. 2011. Disponível em: <https://gizmodo.com/kinect-powered-sandbox-turns-hills-and-valleys-into-a-l-5863801>. Acesso em: 22 jul. 2023.

LIU, R. Analysis of multimedia technology and mobile learning in English teaching in colleges and universities. **Nonlinear Engineering**, v. 12, p. 1-11, 2023.

MILGRAM, P. et al. **Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum**. *Telemanipulator And Telepresence Technologies*, v. 2351, n. 1, p. 282-292, 21 dez. 1994. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/228537162\\_Augmented\\_reality\\_A\\_class\\_of\\_displays\\_on\\_the\\_reality-virtuality\\_continuum](https://www.researchgate.net/publication/228537162_Augmented_reality_A_class_of_displays_on_the_reality-virtuality_continuum). Acesso em: 01 jul. 2023.

MIZUKAMI, M. da G. N. **Ensino: as abordagens do processo**. São Paulo: E.P.U. 1992.

MORAES, J. V. de. **A alfabetização científica, a resolução de problemas e o exercício da cidadania: uma proposta para o Ensino de Geografia**. 2010. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MORAES, P. R. **Geografia geral e do Brasil**. 4ª ed. São Paulo: Harbra, 2011.

MORAN, J. M. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá**. 5. ed. Campinas: Papirus, 2014.

MORAN, J. M. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L.; MORAN, J. M. (Org.) **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

MORAN, J. M. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, C. A.;

TORRES-MORALES, O. E. (Org.). **Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens**. Ponta Grossa: UEPG, 2015.

PÁSCOA, I. S. N. **Aproveitamento da energia das correntes marítimas**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Eletrotécnica) – Lisboa, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2014.

PIMENTA, S. G. Formação de professores. Saberes da docência e identidade do professor. **Nuances: estudos sobre educação**, Presidente Prudente, v. 3, n. 3, 2009. DOI: 10.14572/nuances.v3i3.50. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/Nuances/article/view/50>. Acesso em: 17 jan. 2024.

PRADO, P. J. P.; GRIMM, I.; ALVES, A. F. Facilitadores e obstáculos para adoção de tecnologia educacional em escolas básicas privadas no Brasil. **Revista Mosaicos Estudos em Governança, Sustentabilidade e Inovação**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 74 - 89, 2023.

PROENÇA, A. F. **Como ensinar Geographia**. São Paulo: Melhoramentos, 1928.

REGO, A. C. D.; DIAS, A. M. L.; CARVALHO, L. E. P. Recursos didáticos na Geografia escolar moderna: contribuições de Raja Gabaglia. In: PORTUGAL, Jussara Fraga; TONINI, Ivaine Maria; OLIVEIRA, Simone Santos de (Org.). **Geografia: diálogos, reflexividades e aproximações**. Curitiba: CRV, 2017. p. 95-112.

Rio Grande do Norte. Secretaria da Educação e da Cultura. **Documento curricular do Estado do Rio Grande do Norte: Ensino Fundamental / Secretaria da Educação e da Cultura**. Natal: Offset, 2018. p. 903-973. Disponível em: <http://www.adcon.rn.gov.br/ACERVO/seec/DOC/DOC000000000192020.PDF>. Acesso: em 09 set. 2023.

ROSS, J. L. S. O relevo brasileiro, as superfícies de aplainamento e os níveis morfológicos. **Revista do Departamento de Geografia, USP**, v. 5, p. 7-24, 1991.

ROSS, J. L. S. Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia, USP**, v. 4, p. 25-39, 1990.

SAVOVA, D. AR sandbox in educational programs for disaster response. International Conference On Cartography And Gis Proceedings, 6., 2016, Bulgaria. **Anais....** Bulgaria,

2016. v.1-2, p. 847-858, jun. 2016.

SILVA, S. M. P. da; FAUSTINO, A. B.; SILVA, M. R. de S. A formação de recursos humanos e materiais para o Ensino de Geografia em escolas públicas com apoio de Sensoriamento Remoto (SR) e de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). **Revista Geotemas**, Pau dos Ferros, v. 2, n. 1, 2012.

SILVA, J. M. **A bibliografia didática de Geografia: história e pensamento do ensino geográfico no Brasil (1814-1930...)**. 2012. 414 f. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. DOI <https://doi.org/10.14393/ufu.te.2012.54>

SILVA, Rogério Oliveira da. Inovação tecnológica: uma revisão da abordagem shumpeteriana. **Revista Negócios em Projeção**, v.1 3, n. 1, 2022, p. 156-164. Disponível em: <https://191.52.0.34/index.php/metapre/article/view/3983>. Acesso em: 13 jan. 2024.

SUERTEGARAY, D. M. A. Perspectivas de uma Geografia pós-dicotômica: teorias, práticas e práxis. Conferência de Abertura do I Simpósio Nacional Geografia, Ambiente e Território (SIMGAT). **Anais...** Presidente Prudente, 2018.

SUERTEGARAY, D. M. A. RODRIGUES NUNES, J. O. A natureza da Geografia Física na Geografia. **Terra Livre**, [S. l.], v. 2, n. 17, p. 11–24, 2015. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/337>. Acesso em: 24 jun. 2023.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia Física (?) Geografia Ambiental (?) ou Geografia e Ambiente (?). KOZEL, S.; MENDONÇA, F. A. **Elementos de epistemologia da Geografia contemporânea**. Curitiba: UFPR, 2002.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Geografia Física na Educação Básica ou o que Ensinar Sobre Natureza em Geografia**. Contribuições da Geografia Física para o Ensino de Geografia. Goiânia: Ed C & Alfa Comunicação, 2018.

TARTARUGA, I. G. P. As inovações nos territórios e o papel das universidades: notas preliminares para o desenvolvimento territorial no Estado do Rio Grande do Sul. **Textos para Discussão**, n. 81, v. 22, 2010.

TONETTO, É. P. **Las tecnologías de la comunicación e información y sus implicaciones para el aprendizaje/enseñanza de geografía en la contemporaneidad**. 231 f. 2019. Tese - (Doutorado em Geografia) – Valencia, Universidad de Valencia. Facultad de Magisterio “Àusias March”. Programa de Doctorado en Didácticas Específicas. Investigación en Didáctica de las Ciencias Sociales, 2019.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

**Luydh Marthnelly De Sousa**

**APÊNDICES**  
**SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS E MANUAL DE INSTALAÇÃO DE**  
**SOFTWARES DO PROJETO**

CAMPINA GRANDE – PB

2024

## APÊNDICE 1

### Seqüência Didática 1 – As Temáticas físico-naturais do Espaço Geográfico experienciadas com a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada - Fenômenos Litosféricos

AULA 01 - INTRODUÇÃO					
6º Ano – EFAF					
Etapa	Tempo	Conteúdos e Atividades	Recursos	Objetivos de Aprendizagem	Fundamentação
Introdução	10 min	Conceitos de fenômenos geográficos; discussão guiada.	Diagramas e imagens	Introduzir conceitos dos fenômenos geográficos.	EF06GE07 (BNCC) e EF06GE07RN (RN)
Simulação	20 min	Preparação e execução da simulação com caixa de areia.	Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada	Compreender interações dos fenômenos geográficos.	EF15AR05 (BNCC) e EF06GE12 (BNCC)
Discussão	10 min	Debate sobre observações e implicações ecológicas.	Anotações dos alunos	Desenvolver análise crítica dos impactos ambientais.	Exercício de fixação
Encerramento	5 min	Recapitulação dos conceitos e avaliação dos alunos.	Formulários de avaliação	Avaliar compreensão dos alunos e eficácia da aula.	Avaliação contínua
Link de apoio < <a href="https://youtu.be/wppUsIfpghk?feature=shared">https://youtu.be/wppUsIfpghk?feature=shared</a> >					
AULA 2 – FENÔMENOS LITOSFÉRICOS: Tectônica de placas					
Etapa	Tempo	Conteúdos e Atividades	Recursos	Objetivos de Aprendizagem	Fundamentação
Introdução	10 min	Conceitos de tectônica de placas e vulcanismo; discussão guiada.	Diagramas de tectônica de placas e vulcanismo	Introduzir conceitos básicos de tectônica de placas e vulcanismo.	12RN e 07 (BNCC)
Simulação	25 min	Configuração e execução da simulação na caixa de areia.	Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada	Compreender os movimentos tectônicos e o vulcanismo.	EF06GE09RN e EF06GE10RN
Discussão	15 min	Análise dos fenômenos observados na simulação.	Anotações dos alunos	Desenvolver análise crítica dos impactos geológicos.	EF06GE13RN
Atividade	10 min	Projetos ou apresentações sobre tectônica de placas e vulcanismo.	Materiais para projetos e apresentações digitais	Aplicar e comunicar conceitos de tectônica e vulcanismo.	Exercício de fixação
Encerramento	5 min	Revisão dos conceitos e	Formulários de avaliação	Avaliar compreensão	Reflexão final

		coleta de avaliação.		dos alunos e eficácia da aula.	
Link do Vídeo de apoio < <a href="https://youtu.be/3GUDh4Nj_uk?si=4x5EjasiGwBoqBMi">https://youtu.be/3GUDh4Nj_uk?si=4x5EjasiGwBoqBMi</a> >					
<b>AULA 3 – FENÔMENOS LITOSFÉRICOS II - Formas do Relevo</b>					
Etapa	Tempo	Conteúdos e Atividades	Recursos	Objetivos de Aprendizagem	Fundamentação
Introdução	10 min	Tipos básicos de relevo e suas origens geológicas; discussão inicial.	Diagramas de relevo	Introduzir conceitos sobre formação do relevo terrestre.	EF06GE07RN
Simulação	25 min	Configuração e simulação na caixa de areia; projeção de curvas de nível.	Caixa de areia com RA	Entender como processos geológicos moldam o relevo.	EF06GE08RN e EF06GE04
Discussão	15 min	Análise das formações observadas e relação com o relevo do RN.	Anotações dos alunos	Relacionar conceitos geológicos com a geografia local.	EF06GE03RN
Atividade	10 min	Representações de curvas de nível baseadas nos tipos de relevo.	Materiais para projetos	Aplicar conceitos de curvas de nível.	Exercício de fixação
Encerramento	5 min	Recapitulação dos conceitos e avaliação dos alunos.	Formulários de avaliação	Consolidar conhecimento e avaliar a aula.	Reflexão final
Link do Vídeo de apoio < <a href="https://youtu.be/wppUsIfpqhk?feature=shared">https://youtu.be/wppUsIfpqhk?feature=shared</a> >					
<b>AULA 4 – FENÔMENOS EXÓGENOS DO RELEVO: Erosão e intemperismo fluvial</b>					
Etapa	Tempo	Conteúdos e Atividades	Recursos	Objetivos de Aprendizagem	Fundamentação
Introdução	10 min	Tipos de erosão e intemperismo; apresentação dos conceitos.	Slides multimídia	Compreender processos exógenos do relevo.	EF06GE01RN e EF06GE02
Simulação	20 min	Configuração e simulação da erosão e intemperismo.	Caixa de areia, água	Visualizar erosão e intemperismo na prática.	EF06GE03 e EF06GE05RN
Discussão	15 min	Análise das transformações observadas.	Anotações dos alunos	Relacionar fenômenos com impactos ambientais.	EF06GE07RN
Atividade	10 min	Projetos de mitigação de erosão.	Materiais de artes, papel, canetas	Desenvolver soluções para	Exercício de fixação

				controlar a erosão.	
Encerramento	5 min	Recapitulação e avaliação dos alunos.	Formulários de avaliação	Avaliar compreensão e engajamento dos alunos.	Avaliação contínua

## APÊNDICE 2

### Sequência Didática 2 – As Temáticas físico-naturais do Espaço Geográfico experienciadas com a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada - Fenômenos Hidrosféricos

<b>AULA 05 - Fenômenos hidrosféricos: Correntes Marítimas e o Fenômeno da Ressurgência</b>					
<b>Etapa</b>	<b>Tempo</b>	<b>Conteúdos e Atividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Objetivos de Aprendizagem</b>	<b>Fundamentação</b>
Introdução	10 min	Conceitos de correntes marítimas e ressurgência.	Slides multimídia	Compreender processos de correntes e ressurgência.	EF06GE05RN
Simulação	20 min	Simulação de correntes marítimas na caixa de areia.	Caixa de areia com RA	Visualizar dinâmica oceânica na prática.	EF06GE10RN
Discussão	15 min	Análise dos impactos observados.	Anotações dos alunos	Relacionar fenômenos com clima e economia.	EF06GE07RN
Atividade	10 min	Modelagem dos impactos das correntes.	Materiais de artes	Aplicar conhecimentos em modelos práticos.	EF06GE09
Encerramento	5 min	Recapitulação e avaliação dos alunos.	Formulários de avaliação	Avaliar compreensão e engajamento.	Avaliação contínua
Link do Vídeo de apoio - < <a href="https://youtu.be/5n7otf5OjxQ?feature=shared">https://youtu.be/5n7otf5OjxQ?feature=shared</a> >					
<b>Plano de Aula 06: Fenômenos hidrosféricos: O ciclo da água</b>					
<b>Etapa</b>	<b>Tempo</b>	<b>Conteúdos e Atividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Objetivos de Aprendizagem</b>	<b>Fundamentação</b>
Introdução	10 min	Conceitos do ciclo da água e clima.	Quadro expositor	Compreender o ciclo da água.	EF06GE11
Simulação	5 min	Preparação da caixa de areia.	Caixa de areia com RA, ventiladores	Visualizar processos hidrológicos.	EF06GE13RN

Execução	20 min	Simulação do ciclo da água.	Caixa de areia com RA, ventiladores	Entender o ciclo da água.	EF06GE07RN
Discussão	10 min	Análise dos impactos do ciclo da água.	Anotações dos alunos	Relacionar fenômenos com impactos.	EF06GE05
Atividade	10 min	Projetos de mitigação de impactos.	Materiais de arte	Aplicar conhecimento em soluções.	Exercício de fixação
Encerramento	5 min	Recapitulação e avaliação.	Formulários de avaliação	Avaliar compreensão e engajamento.	Avaliação contínua
Link do Vídeo de apoio - < <a href="https://youtu.be/MUU-lnfkGzo?feature=shared">https://youtu.be/MUU-lnfkGzo?feature=shared</a> >					

### APÊNDICE 3

#### Sequência Didática 3 – As Temáticas físico-naturais do Espaço Geográfico experienciadas com a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada - Fenômenos Atmosféricos

<b>Plano de Aula 07 - Fenômenos Atmosféricos - Tipos de chuva</b>					
<b>Etapa</b>	<b>Tempo</b>	<b>Conteúdos e Atividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Objetivos de Aprendizagem</b>	<b>Fundamentação</b>
Introdução	10 min	Tipos de chuva: convectivas, frontais, orográficas.	Slides e vídeos	Compreender tipos de chuvas e relevo.	EF06GE04RN e EF06GE05
Simulação	5 min	Configuração da caixa de areia.	Caixa de areia, ventiladores	Visualizar simulações de chuvas.	EF06GE07RN
Execução	20 min	Simulação e análise do impacto do relevo.	Caixa de areia, ventiladores	Entender formação de chuvas e relevo.	EF06GE05
Discussão	10 min	Análise dos efeitos do relevo na precipitação.	Anotações dos alunos	Relacionar simulação com clima local.	EF06GE03RN
Atividade	10 min	Projetos sobre impacto climático local.	Materiais de projeto, dados climáticos	Analisar impacto e propor soluções.	EF06GE03RN
Encerramento	5 min	Recapitulação e avaliação.	Formulários de avaliação	Avaliar compreensão e eficácia da aula.	EF06GE08RN
<p>Link do Vídeo de apoio - &lt;<a href="https://youtu.be/meH-MUPnl9k">https://youtu.be/meH-MUPnl9k</a> ; <a href="https://youtu.be/mG19pLywngo?feature=shared">https://youtu.be/mG19pLywngo?feature=shared</a>&gt;</p>					
<b>Plano de Aula 08 - Brisas marítimas e continentais, e chuvas de Monções</b>					
<b>Etapa</b>	<b>Tempo</b>	<b>Conteúdos e Atividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Objetivos de Aprendizagem</b>	<b>Fundamentação</b>
Introdução	10 min	Brisas marítimas e continentais, chuvas de monções.	Slides e vídeos	Compreender brisas e chuvas de monções.	EF06GE07
Simulação	5 min	Configuração da caixa de areia.	Caixa de areia com RA, ventiladores, névoa	Preparar para simulação de fenômenos.	EF06GE07

Execução	20 min	Simulação de brisas e chuvas de monções.	Caixa de areia com RA, ventiladores, névoa	Visualizar e analisar efeitos climáticos.	EF06GE09
Discussão	15 min	Efeitos climáticos observados.	Anotações dos alunos	Discutir implicações climáticas.	EF06GE09
Atividade	10 min	Projetos de análise climática.	Materiais de projeto, dados climáticos	Aplicar conhecimento em análise real.	EF06GE06RN
Encerramento	5 min	Recapitulação e avaliação.	Formulários de avaliação	Avaliar compreensão e eficácia da aula.	Avaliação contínua
<p>Link do Vídeo de apoio - &lt;&lt;<a href="https://youtu.be/meH-MUPnl9k">https://youtu.be/meH-MUPnl9k</a> ;  <a href="https://youtu.be/mG19pLywngo?feature=shared">https://youtu.be/mG19pLywngo?feature=shared</a> &gt;</p>					

**APÊNDICE 4 - MANUAL DE INSTALAÇÃO DE SOFTWARES DO PROJETO**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG**

**CENTRO DE HUMANIDADES – CH**

**UNIDADE ACADÊMICA DE GEOGRAFIA – UAG**

**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE GEOGRAFIA EM**

**REDE NACIONAL - PROFGEO**

**MANUAL DE INSTALAÇÃO DE SOFTWARES DO PROJETO**

**Luydh Marthnelly de Sousa**

**CAMPINA GRANDE - PB**

**2024**

## SUMÁRIO

1.	COMPONENTES DO SISTEMA (HARDWARES E SOFTWARES)	118
2.	DO PROCESSO DE SELEÇÃO E INSTALAÇÃO DE SOFTWARES	119
3.	INICIANDO A INSTALAÇÃO	121
3.1.	Configurar a Ordem de Boot e Instalar o Sistema Operacional	121
3.2.	Iniciar com o Pen-drive	121
3.3.	Testar o Linux Mint	122
4.	CONFIGURAÇÕES INICIAIS DO LINUX MINT	122
5.	CONFIGURAÇÃO DO AMBIENTE DE TRABALHO	124
6.	INSTALAÇÃO, EXECUÇÃO E USO DO PROJETO	126
7.	CONCLUSÃO	128

## 1. COMPONENTES DO SISTEMA (HARDWARES E SOFTWARES)

Para auxiliar na construção da Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada, está disponibilizado para além deste manual escrito, uma série de três vídeos de apoio comprimidos em um único arquivo .zip que instruem o passo-a-passo para a instalação dos softwares do sistema, o qual pode ser baixado diretamente pelo link: <[https://drive.google.com/file/d/1kzf\\_bRb0TPBDqZ9vmUUKI9OtSdTwoLLF/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1kzf_bRb0TPBDqZ9vmUUKI9OtSdTwoLLF/view?usp=sharing)>, neste sentido, são necessários materiais semelhantes aos destacados por Kreylos (2020), os quais devem ser considerados apenas como norteadores e não um fim em si, pois as características dos equipamentos utilizados podem sofrer variação com o passar do tempo:

- Computador com placa de vídeo NVIDIA e processador Intel Core i5 ou Core i7 em velocidade de pelo menos 3 GHz, memória mínima de RAM de 4GB e de 20GB de HD;
- Cabo HDMI;
- Projetor com proporção 4:3 e resolução de 1024x768 pixels;
- Kinect para Xbox 1414, 1473 e Kinect para Windows;
- 1 Pen Drive com o software Rufus disponível em: <http://rufus.ie/pt/>;
- Sistema operacional Linux Mint 19.3 ("Tricia") ou superior em máquina exclusiva ou dual boot com Windows, disponível em: [https://linuxmint.com/download\\_all.php](https://linuxmint.com/download_all.php);
- Softwares Augmented Reality Sandbox (Caixa de Areia de Realidade Aumentada), disponíveis em: <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>;

- 1 CD;
- Caixa de madeira, areia ou serragem, perfis metálicos e outros itens de suporte para os equipamentos (dimensões variáveis).

Uma vez que os softwares que precisam ser instalados no computador possuem certa interdependência entre si, qualquer modificação e atualização que um ou outro sofra, interfere em todo o projeto. Por exemplo, na primeira vez que construímos o projeto utilizamos o Linux Mint 17.3 e o Sandbox 2.6, o Kinect 2.8 e o Vrui 3.1; na última vez, entretanto, não foi possível utilizar estas mesmas configurações mesmo utilizando a mesma máquina, os motivos ainda são desconhecidos, porém foram necessários alguns dias de investigação para, enfim, encontramos os comandos corretos. Em se tratando de um projeto que possui seus softwares hospedados em sites de terceiros, em que não existem garantias de que os endereços aqui fornecidos serão sempre os mesmos, é necessário que o professor tenha certa disposição e conhecimento um pouco mais avançado em informática, sobretudo na natureza de operação do sistema Linux, ou contacte um agente especializado.

O processo de instalação por nós utilizado, foi sistematizado com base na experiência com diversos manuais informais disponíveis na internet, hospedados em fóruns de desenvolvedores e com o uso direto dos diretórios da UC Davis - Universidade da Califórnia em Davis, no site oficial do projeto original. O sistema operacional escolhido foi o Linux Mint 19.3; recomenda-se exatamente este sistema, pois já abarca algumas das principais bibliotecas de códigos necessárias para os softwares supracitados; outros sistemas mais antigos, como o 17.3, perderam o suporte para algumas aplicações e outros mais novos, como o 23.1, já não mais embarcam estas linguagens, pois são especialmente obsoletas. Curiosamente o SO 19.3 possui ambos os requisitos.

Dito isto, a partir daqui seguiremos com uma análise dos componentes tecnológicos integrados, como sensores 3D e sistemas de projeção, que transformam a caixa de areia em uma ferramenta de Realidade Aumentada. Estes elementos tecnológicos são cruciais para a simulação dinâmica de fenômenos geográficos e para proporcionar uma experiência de aprendizado interativa.

Além disso, discutiremos as inovações mais recentes incorporadas ao sistema, como o sistema umidificador e os ventiladores elétricos, que expandem a capacidade do equipamento de simular fenômenos atmosféricos e outros processos físico-naturais. Esses componentes adicionam uma camada extra ao modelo que pode ser verificada mais adiante.

## 2. DO PROCESSO DE SELEÇÃO E INSTALAÇÃO DE SOFTWARES

Agora, abordaremos os aspectos de software e programação que são essenciais para o funcionamento da caixa de areia. A interface de software, os algoritmos de processamento de dados e os protocolos de interação usuário-equipamento são vitais para a eficiência e a eficácia do sistema como ferramenta educativa. A compreensão desses elementos técnicos é essencial para os educadores que desejam maximizar o uso do equipamento em um contexto de sala de aula. Antes de instalar os arquivos do projeto propriamente dito, é necessário realizar uma preparação da máquina na qual o Linux foi recentemente instalado.

A seguir estará exposto o conjunto de pré-requisitos de preparação e após, um passo a passo completo de instalação:

Pré-requisitos:

1. **Arquivo ISO do Linux Mint 19.3:** Certifique-se de ter baixado a imagem ISO do Linux Mint 19.3 do site oficial do Linux Mint.
2. **Rufus:** Você pode baixá-lo do site oficial [Rufus.ie](http://rufus.ie).
3. **Pen-drive:** Um pen-drive com pelo menos 4GB de espaço livre.

Passos para Criar o Pen-drive Bootável:

- **Insira o Pendrive:**
  - Insira o pen-drive no seu computador.
- **Abra o Rufus:**
  - Execute o programa Rufus como administrador.

- **Configurações Iniciais:**

- No Rufus, na seção "Dispositivo", selecione o pen-drive que você inseriu.
- Certifique-se de que o pen-drive correto está selecionado para evitar a perda de dados de outros dispositivos.

- **Seleção da Imagem ISO:**

- Na seção "Seleção de Boot", clique no botão "SELECIONAR" e navegue até o local onde o arquivo ISO do Linux Mint 19.3 está salvo.
- Selecione o arquivo ISO e clique em "Abrir".

- **Configurações de Partição e Sistema de Arquivos:**

- Em "Esquema de partição", escolha "MBR" se for usar em computadores com BIOS ou "GPT" para computadores com UEFI.
- Em "Sistema de Arquivos", escolha "FAT32".

- **Opções Adicionais:**

- Na seção "Opções de Formatação", você pode nomear o pen-drive em "Rótulo do Volume" (opcional).
- Deixe as outras opções como estão, a menos que você tenha requisitos específicos.

- **Início do Processo:**

- Revise todas as configurações para garantir que estão corretas.
- Clique no botão "INICIAR" para começar a criar o pen-drive bootável.

- **Aviso de Formatação:**

- O Rufus exibirá um aviso informando que todos os dados no pen-drive serão destruídos. Se você tiver feito backup de seus dados, clique em "OK" para continuar.

- **Processo de Criação:**

- Aguarde enquanto o Rufus escreve a imagem ISO no pen-drive. Este processo pode levar alguns minutos.

- **Conclusão:**

- Quando o Rufus indicar que o processo está concluído, feche o programa.
- Você agora tem um pen-drive bootável com o Linux Mint 19.3.
- Lembre-se de que criar um pen-drive bootável apagará todos os dados existentes no pen-drive.
- As configurações de BIOS/UEFI podem variar de acordo com o fabricante do computador.
- Se o seu computador não iniciar a partir do pen-drive, verifique as configurações do BIOS/UEFI e certifique-se de que o boot por USB está habilitado.

Após criar um pen-drive bootável com o Linux Mint 19.3 usando o Rufus, o próximo passo é instalar o sistema operacional em seu computador. Aqui está um guia passo a passo para a instalação do Linux Mint 19.3:

### **3. INICIANDO A INSTALAÇÃO**

#### **3.1 Configurar a Ordem de Boot e instalar o sistema operacional**

Reinicie seu computador.

Durante o processo de inicialização, acesse o menu de boot ou a configuração da BIOS/UEFI (geralmente pressionando uma tecla como F2, F12, Delete, Esc etc., dependendo do fabricante do seu computador).

Configure o computador para iniciar a partir do pen-drive USB. Salve as alterações e saia da BIOS/UEFI.

### 3.2 Iniciar com o Pen-drive

Com o pen-drive bootável inserido, o computador deve iniciar a partir dele, ou manualmente você terá que selecionar o boot no menu do Linux Mint.

Escolha “Start Linux Mint” para iniciar em modo live, que permite que você teste o Linux Mint antes de instalá-lo.

### 3.3 Testar o Linux Mint (Opcional)

Uma vez iniciado em modo live, você pode explorar e testar o Linux Mint sem fazer alterações no seu sistema atual.

Quando estiver pronto para instalar, localize e clique no ícone “Install Linux Mint” na área de trabalho.

Processo de Instalação

## 4. CONFIGURAÇÕES INICIAIS DO LINUX MINT

### 4 Escolher Idioma e Teclado:

- Na tela de instalação, selecione seu idioma preferido.
- Escolha o layout do teclado.

### 5 Conexão à Internet e Atualizações (Opcional):

- Se estiver disponível, conecte-se a uma rede Wi-Fi. Embora não seja obrigatório, é recomendado para baixar atualizações e softwares de terceiros durante a instalação.

### 6 Tipo de Instalação:

- Escolha se deseja instalar o Linux Mint junto com seu sistema operacional atual (“Instalar ao lado”) ou substituí-lo (“Apagar disco e instalar o Linux Mint”). Para uma instalação limpa, escolha “Apagar disco e instalar o Linux Mint”.

- **Aviso:** Escolher apagar o disco removerá todos os dados existentes no disco rígido.

### **7 Particionamento do Disco (Para usuários avançados):**

- Se você tem conhecimento sobre particionamento de disco, pode criar ou editar partições manualmente. Caso contrário, deixe que o instalador faça isso automaticamente.

### **8 Configurações Regionais e de Usuário:**

- Selecione sua localização no mapa para configurar o fuso horário.
- Crie um usuário, escolha um nome para o computador e defina uma senha. Estas informações serão usadas para acessar o sistema após a instalação.

### **9 Iniciar a Instalação:**

- Revise suas escolhas e clique em “Instalar Agora”.
- Confirme as alterações no disco, se necessário, e a instalação começará.

### **10 Aguardar a Instalação:**

- O processo de instalação pode levar algum tempo. Aproveite para relaxar ou fazer uma pausa.

Conclusão da Instalação

### **11 Reiniciar o Computador:**

- Após a conclusão da instalação, você será solicitado a reiniciar o computador.
- Remova o pendrive bootável quando solicitado.

### **12 Primeiro Boot no Linux Mint:**

- O computador agora deve iniciar com o Linux Mint instalado.
- Faça login com o nome de usuário e senha que você definiu durante a instalação.

### 13 Configurações Finais e Atualizações:

- Após o login, é aconselhável verificar atualizações e instalar quaisquer atualizações de software disponíveis.
- Explore o sistema, personalize suas configurações e comece a usar o Linux Mint.

#### Dicas Adicionais

- **Backup de Dados:** Antes de iniciar a instalação, é sempre recomendado fazer um backup completo dos seus dados.
- **Criação de Partições:** Se você não tem certeza sobre como particionar seu disco, é melhor deixar que o instalador faça isso automaticamente.

É preciso mencionar que antes de seguir com as demais instalações é preciso preparar o Linux recém-instalado antes de iniciar a instalação dos componentes da caixa de areia, isso perpassa por mais alguns passos que é preciso seguir. Certifique-se de que você tem acesso à internet, pois alguns pacotes precisarão ser baixados. Siga as etapas da próxima seção.

## 5. CONFIGURAÇÃO DO AMBIENTE DE TRABALHO

### 5.1. Atualização do Sistema

#### Etapa 1: Atualização do Sistema

Antes de começar, é importante garantir que seu sistema esteja atualizado. Abra um terminal e execute os seguintes comandos:

- `bash`
- `sudo apt update`

depois

`sudo apt upgrade`

Isso atualizará a lista de pacotes e instalará quaisquer atualizações disponíveis para o seu sistema.

## **Etapa 2: Instalação das Dependências**

A Caixa de Areia pode exigir algumas dependências específicas. Vamos instalar as principais bibliotecas e pacotes necessários:

```
bash
```

```
sudo apt install build-essential cmake git libjpeg-dev libtiff5-dev libpng-dev  
libsndfile1-dev libxi-dev libxrandr-dev libxinerama-dev libxcursor-dev freeglut3-dev  
mesa-common-dev libusb-1.0-0-dev libbluetooth-dev libudev-dev libxv-dev libv4l-dev  
libasound2-dev liblz4-dev libopus-dev
```

## **Etapa 3: Instalação do X11**

A Caixa de Areia depende do X11 para funcionar. Certifique-se de que o X11 esteja instalado:

```
bash
```

```
sudo apt install xorg
```

## **Etapa 4: Configuração do X11**

Para garantir que o X11 esteja configurado corretamente, você pode executar o seguinte comando:

```
bash
```

```
sudo dpkg-reconfigure xserver-xorg
```

Siga as instruções na tela para configurar o X11. Em geral, as configurações-padrão devem ser adequadas para a maioria dos sistemas.

## **Etapa 5: Instalação do OpenAL**

Se você não instalou o OpenAL durante a instalação das dependências, você pode instalá-lo separadamente:

```
bash  
sudo apt install libopenal-dev
```

### **Etapa 6: Configuração do Compilador C++**

Verifique se você tem um compilador C++ instalado. O g++ é uma opção comum:

```
bash  
sudo apt install g++
```

### **Etapa 7: Configuração do Ambiente de Desenvolvimento**

A Caixa de Areia pode exigir um ambiente de desenvolvimento específico. Certifique-se de ter as ferramentas necessárias instaladas. Por exemplo, se você for compilar código C++ com CMake:

```
bash  
sudo apt install cmake
```

### **Etapa 8: Instalação de Drivers de GPU (Opcional)**

Se você estiver usando uma GPU NVIDIA, pode ser uma boa ideia instalar os drivers da NVIDIA para melhor desempenho 3D. Você pode encontrar instruções específicas para a sua GPU no site da NVIDIA.

### **Etapa 9: Reboot**

Depois de concluir todas as etapas acima, é aconselhável reiniciar o seu sistema para garantir que todas as alterações tenham efeito:

```
bash  
sudo reboot
```

### **Etapa 10: Verificação e instalação de componentes**

Para verificar se as configurações estão corretas, você pode executar um exemplo de aplicativo da Caixa de Areia, se disponível. Certifique-se de seguir as instruções específicas da Caixa de Areia para a instalação e execução de seus aplicativos.

Agora seu sistema Linux deve estar preparado para a instalação e uso da Caixa de Areia. Certifique-se de verificar as instruções específicas da Caixa de Areia para a configuração adicional e a instalação de seus aplicativos.

## **6. INSTALAÇÃO, EXECUÇÃO E USO DO PROJETO**

Para a instalação dos componentes do projeto hospedados em <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/index.html> abra um novo terminal e digite os seguintes cdigo um de cada vez:

### **Instale o kit de ferramentas de desenvolvimento Vrui VR**

```
cd ~
```

```
wget http://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/Vrui/Build-Ubuntu.sh
```

```
bash Build-Ubuntu.sh
```

\*OBS: nesta parte deverá aparecer o desenho 3D de um globo terrestre indicado o sucesso na instalação, caso contrário e não aparecer, deve-se repetir os passos anteriores ou modificar o equipamento.

### **Instale o pacote de vídeo Kinect 3D**

```
cd ~/src
```

```
wget http://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/Kinect/Kinect-3.10.tar.gz
```

```
tar xzf Kinect-3.10.tar.gz
```

```
cd Kinect-3.10
```

```
make
```

```
sudo make install  
sudo make installudevrules  
ls /usr/local/bin
```

### **Instale o Sandbox de Realidade Aumentada**

```
cd ~/src  
wget http://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/SARndbox-2.8.tar.gz  
tar xzf SARndbox-2.8.tar.gz  
cd SARndbox-2.8  
make  
ls ./bin
```

Agora precisamos garantir a Integração do sistema; a configuração e a calibração, para tanto, seguem mais alguns comandos que devem ser executados em um novo terminal.

O primeiro comando é para a integração dos sistemas é de suma importância para seu devido funcionamento, Install XED para linux Mint ou Install Pluma para Ubuntu, no nosso caso:

### **Comando de integração**

```
sudo apt update  
sudo apt install pluma
```

### **Conecte e configure a câmera 3D**

```
sudo /usr/local/bin/KinectUtil getCalib 0
```

### **Calcular a correção de profundidade por pixel**

```
sudo /usr/local/bin/RawKinectViewer -compress 0
```

**Alinhe a câmera 3D**

```
cd ~/src/SARndbox-2.8
```

```
RawKinectViewer -compress 0
```

**Medir a equação do plano base do Sandbox**

```
cd ~/src/SARndbox-2.8
```

```
pluma etc/SARndbox-2.8/BoxLayout.txt &
```

**\*No nosso caso:**

```
cd ~/src/SARndbox-2.8
```

```
xed etc/SARndbox-2.8/BoxLayout.txt &
```

**Alinhe o projetor**

```
XBackground
```

```
Projector/Camera Calibration
```

```
cd ~/src/SARndbox-2.8
```

```
./bin/CalibrateProjector -s 1024 768
```

**Execute o Programa**

```
cd ~/src/SARndbox-2.8 ./bin/SARndbox -uhm -fpv
```

## 7. CONCLUSÃO

A criação e implementação da Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada marcam uma evolução no ensino de Geografia, oferecendo uma abordagem prática e imersiva para o estudo das temáticas físico-naturais do espaço geográfico. Este manual, ao detalhar cada etapa de construção, instalação e uso da caixa, tem como objetivo facilitar a aplicação dessa ferramenta inovadora em diversos contextos escolares, capacitando professores e alunos a explorarem novos horizontes no aprendizado geográfico.

A Caixa de Areia 3.0 vai muito além de um modelo estático de relevo. Com a integração de tecnologias como sensores Kinect, sistemas de nebulização e miniventiladores, ela permite simular uma variedade de fenômenos geográficos, desde a formação de montanhas e rios até a dinâmica das correntes oceânicas e os processos atmosféricos. Essa experiência prática enriquece o aprendizado, transformando conceitos abstratos em vivências concretas e interativas. Ao oferecer uma maneira mais sensorial e colaborativa de explorar a geografia, a caixa engaja os estudantes, promovendo uma aprendizagem ativa e centrada no aluno.

Este manual busca servir como um guia prático, detalhando não apenas a montagem e a manutenção da caixa, mas também fornecendo sugestões de uso pedagógico, adaptáveis à realidade de cada sala de aula. Com as instruções e recomendações aqui presentes, os educadores têm a oportunidade de criar ambientes de ensino dinâmicos, onde o conhecimento é construído em conjunto e a experimentação é estimulada. A flexibilidade da Caixa de Areia 3.0 permite que os professores ajustem suas práticas, criando atividades que dialogam com os diferentes temas curriculares e exploram as potencialidades desse recurso didático.

No entanto, é importante lembrar que a introdução de tecnologias educacionais como a Realidade Aumentada requer um compromisso contínuo com a reflexão e a adaptação pedagógica. O uso da Caixa de Areia 3.0 deve ser acompanhado de práticas que valorizem o contexto dos alunos, incentivem o pensamento crítico e promovam a conexão entre teoria e prática. Assim, a caixa não é apenas uma ferramenta visual, mas um catalisador para debates, experimentos e descobertas que aprofundam a compreensão do espaço geográfico e sua complexidade.

Em resumo, a Caixa de Areia 3.0 com Realidade Aumentada representa uma nova maneira de ensinar e aprender Geografia, oferecendo aos estudantes uma experiência que alia tecnologia, prática e interação. Espera-se que este manual seja um ponto de partida para a exploração criativa de possibilidades educacionais, inspirando professores a inovar em suas práticas e a enriquecer as experiências de seus alunos. Que a caixa de areia se torne, portanto, um instrumento para despertar a curiosidade, promover o diálogo e construir, de forma coletiva e ativa, o conhecimento sobre o mundo que nos cerca.