Desenvolvimento de uma Proposta de Laboratório Virtual em Minecraft para o Ensino de Densidade, Empuxo e Flutuabilidade

Manoela Costa da Silva, Amanda dos Anjos Couto, Vinicius de Sousa dos Santos, Maria Eduarda Ramos, Rodrigo Hortencio Rabello, Andre Luis Sena

Universidade Federal da Bahia - Instituto de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICTI/UFBA) Rua do Telégrafo, S/N, Centro - Camaçari - BA - Brasil

{manoelacosta, amandacouto, sousav, mariaerr, rodrigorabello,andresena}@ufba.br

Abstract. This paper presents a virtual laboratory in Minecraft for teaching density, buoyancy, and floatability, grounded in the STEM approach and applied to submarine robotics. As a work in progress, the prototype uses BlockBench, NeoForge, and Photopea for the computational representation of these concepts and incorporates gamification elements. The paper describes the current development stage, physical-mathematical modeling, a 100-minute didactic activity, and a pilot validation protocol with students.

Keywords: Minecraft; Virtual Laboratory; Density; Buoyancy; Submarine Robotics; Gamification; STEM.

Resumo. Este trabalho apresenta um laboratório virtual em Minecraft para o ensino de densidade, empuxo e flutuabilidade, fundamentado na abordagem STEM e aplicado à robótica submarina. Como trabalho em andamento, o protótipo utiliza BlockBench, NeoForge e Photopea para a representação computacional dos conceitos e incorpora elementos de gamificação. O artigo descreve o estágio atual de desenvolvimento, a modelagem físico-matemática, uma atividade didática de 100 minutos e um protocolo de validação piloto com estudantes.

Palavras-chave: Minecraft; Laboratório Virtual; Densidade; Empuxo; Robótica Submarina; Gamificação; STEM.

1. Introdução

O programa STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) nasceu nos anos 1990 com a necessidade de educar e formar estudantes e trabalhadores para carreiras nas áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática. Seu significado ampliou-se de um recorte estritamente disciplinar para uma abordagem interdisciplinar voltada à resolução de problemas reais.

As disciplinas de Física e Matemática historicamente apresentam baixo desempenho entre estudantes, com índices reduzidos de aproveitamento no ensino básico nacional. Essa realidade vincula-se à dificuldade de estabelecer correlações práticas e ao formalismo acentuado das abordagens pedagógicas convencionais, agravada pela fragilidade estrutural de instituições da rede pública e pela carência de recursos materiais adequados.

Nesse contexto, a ONU mobiliza ações voltadas ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14 (ODS 14), favorecendo a conscientização sobre a importância dos oceanos e a urgência em mitigar seus principais estressores. Torna-se imperativa a elaboração de instrumentos didáticos que fomentem o envolvimento dos estudantes, aliando viabilidade de execução à realidade das escolas públicas brasileiras.

A expansão da cultura digital viabilizou metodologias inovadoras no processo de ensino-aprendizagem. Estratégias de gamificação e laboratórios virtuais ganham relevância por fomentar interatividade e motivação discente. O Minecraft consolida-se como recurso didático de alto valor, propiciando a investigação de fundamentos físico-matemáticos por meio da edificação de estruturas complexas e da integração de modificações que inserem lógicas sistêmicas ao ambiente lúdico.

1.1. Trabalhos Relacionados

A aplicação do Minecraft no campo pedagógico insere-se em trajetória investigativa consolidada por Nebel, Schneider e Rey (2016). Em sua revisão seminal, os autores vislumbravam o potencial do software para a exploração científica, ressaltando a predominância de evidências qualitativas e a carência de investigações experimentais mais robustas. Slattery et al. (2024), em ensaio controlado randomizado com 885 estudantes, observaram que o incremento no raciocínio espacial não foi generalizado, manifestando relevância estatística somente em subgrupo específico do 5.º ano, evidência que reitera que os ganhos cognitivos mediados pelo jogo dependem do planejamento da intervenção e do público-alvo. Este laboratório virtual encontra-se em estágio anterior à validação com grupos estudantis, fato que orienta a postura cautelosa adotada na interpretação de seus resultados.

Estudos com foco em conteúdos físico-científicos específicos mostram resultados mais consistentes. Nkadimeng e Ankiewicz (2022) utilizaram o Minecraft Education para ensinar estrutura atômica a estudantes do ensino fundamental, relatando ganhos de compreensão conceitual quando o conteúdo abstrato é traduzido em manipulação visual e espacial, paralelo direto com a proposta deste trabalho de representar densidade e empuxo por meio de blocos e fluidos texturizados. Tablatin, Casano e Rodrigo (2023) demonstraram que atividades baseadas em Minecraft aumentam o interesse declarado dos estudantes por carreiras STEM, ainda que sem produzir, isoladamente, ganho de desempenho acadêmico mensurável, distinção relevante para a interpretação dos resultados futuros desta proposta.

Kapp (2012) caracteriza desafios progressivos, feedback imediato e sistemas de recompensa como elementos centrais responsáveis pelo aumento do engajamento em ambientes gamificados, princípios que estruturam o desenho do laboratório virtual aqui descrito. Poláková et al. (2023) apontam que competências como pensamento analítico, criatividade e resolução de problemas são crescentemente valorizadas no contexto da Indústria 5.0, reforçando a relevância de estratégias pedagógicas como a proposta neste artigo.

Com base nesse panorama, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o design e o estágio atual de desenvolvimento de um laboratório virtual em Minecraft voltado à **representação computacional de princípios físico-matemáticos**, densidade, empuxo e flutuabilidade, no contexto da robótica submarina, incluindo a modelagem físico-matemática subjacente, uma proposta de atividade didática estruturada e as etapas necessárias para sua validação empírica em ambiente escolar.

2. Desenvolvimento

2.1. Materiais e Métodos

O projeto foi desenvolvido utilizando o Minecraft como ambiente de aprendizagem, um laboratório virtual para **representar computacionalmente os conceitos de densidade, empuxo e flutuabilidade e seus efeitos sobre objetos submersos**. A metodologia englobou a identificação de dificuldades de aprendizagem no ensino de Física em escolas públicas, a definição do tema centrado na robótica submarina e o planejamento de um ambiente gamificado capaz de **representar conteúdos relevantes para a Física, a Matemática e as ciências do oceano**.

Foram empregadas ferramentas de modelagem e personalização, BlockBench, Photopea e NeoForge, para gerar texturas e estruturas funcionais no Minecraft. A gamificação foi incorporada por meio da exploração do ambiente, desafios de investigação, formulação e teste de hipóteses e feedback visual sobre o comportamento dos objetos. O laboratório virtual foi concebido como estratégia de aprendizagem ativa, promovendo a vivência prática de conceitos teóricos por meio de tecnologias digitais. Em etapas futuras, planeja-se incorporar um modelo funcional de ROV (Veículo Operado Remotamente) em movimento, para que os alunos possam observar como o veículo reage às forças físicas do ambiente aquático.

2.2. Ferramentas Utilizadas

O desenvolvimento envolveu a integração de três ferramentas principais, cada uma com função específica dentro do pipeline de criação do ambiente no Minecraft (Figura 1):

BlockBench: aplicativo de modelagem 3D voltado à criação de assets compatíveis com o Minecraft. Foi utilizado para a confecção do modelo tridimensional do ROV (Figura 3), permitindo a construção de uma representação visual simplificada com geometria e proporções adequadas ao ambiente virtual proposto.

Photopea: editor gráfico online gratuito empregado na criação e personalização das texturas aplicadas ao ambiente aquático. Foram desenvolvidas texturas para diferentes tipos de fluidos com densidades distintas, possibilitando a diferenciação visual entre meios com propriedades físicas variadas, recurso essencial para a **representação visual dos conceitos de densidade e empuxo** (Figura 4).

NeoForge: framework de modding para Minecraft, utilizado como base para a implementação do mod Create: Aeronautics, responsável pela aproximação do comportamento gravitacional no ambiente virtual, permitindo a representação de comportamentos físicos simplificados no ambiente virtual, relacionados aos princípios abordados neste trabalho.

O mod Create: Aeronautics foi utilizado como base para a representação do comportamento físico do ROV no ambiente virtual. A equipe desenvolveu o modelo do ROV, configurou o ambiente aquático e utilizou os recursos físicos disponibilizados pelo mod para observar a resposta do veículo a diferentes configurações de blocos imersos na água. A variação na quantidade e disposição dos blocos foi utilizada para representar, de forma didática, diferentes condições de densidade virtual e observar seus efeitos sobre o empuxo e a flutuabilidade do ROV. Dessa forma, os recursos de física do mod foram utilizados como suporte à investigação dos conceitos físico-matemáticos propostos, enquanto a construção do modelo, a configuração do ambiente e a atividade didática foram desenvolvidas pela equipe.

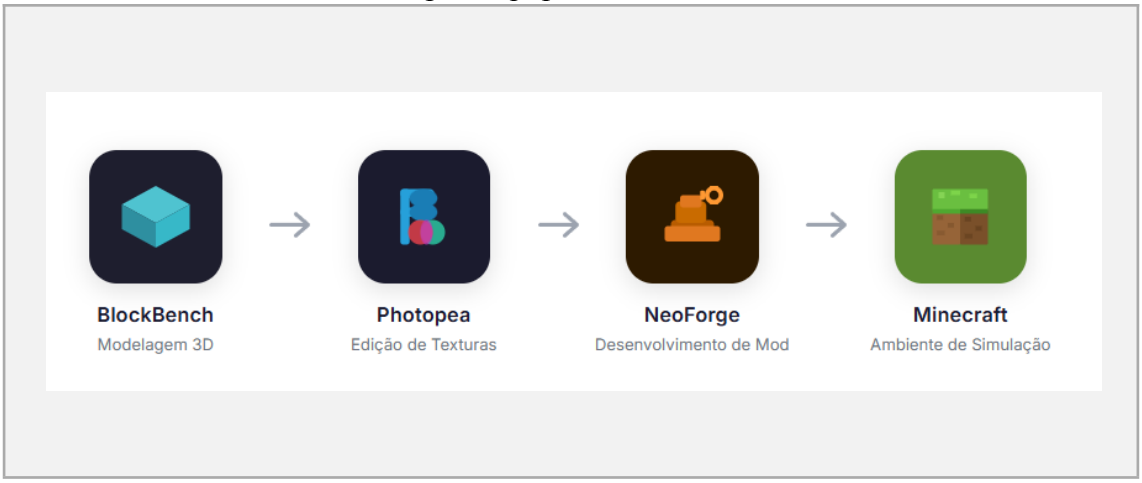


Figura 1. Pipeline de ferramentas do laboratório virtual: BlockBench → Photopea → NeoForge → Minecraft.

A integração entre as ferramentas seguiu o fluxo ilustrado na Figura 1: o modelo do ROV foi criado no BlockBench e exportado com as texturas desenvolvidas no Photopea; em seguida, a entidade foi inserida no Minecraft por meio de comando de spawn com textura personalizada. O mundo aquático foi construído diretamente no Minecraft, com o NeoForge operando como camada de suporte para os comportamentos físicos simplificados proporcionados pelo mod Create: Aeronautics.

2.3. Protótipo

O protótipo desenvolvido consiste em um ambiente aquático construído no Minecraft, representado por um aquário subaquático com elementos decorativos como corais, compondo um cenário visualmente imersivo contextualizado com as ciências do oceano (Figura 2). Nesta fase inicial, foram implementadas **representações computacionais dos conceitos de densidade e empuxo**, permitindo que os objetos inseridos no ambiente **apresentem comportamentos visuais associados às propriedades dos fluidos**, de acordo com a proposta didática.

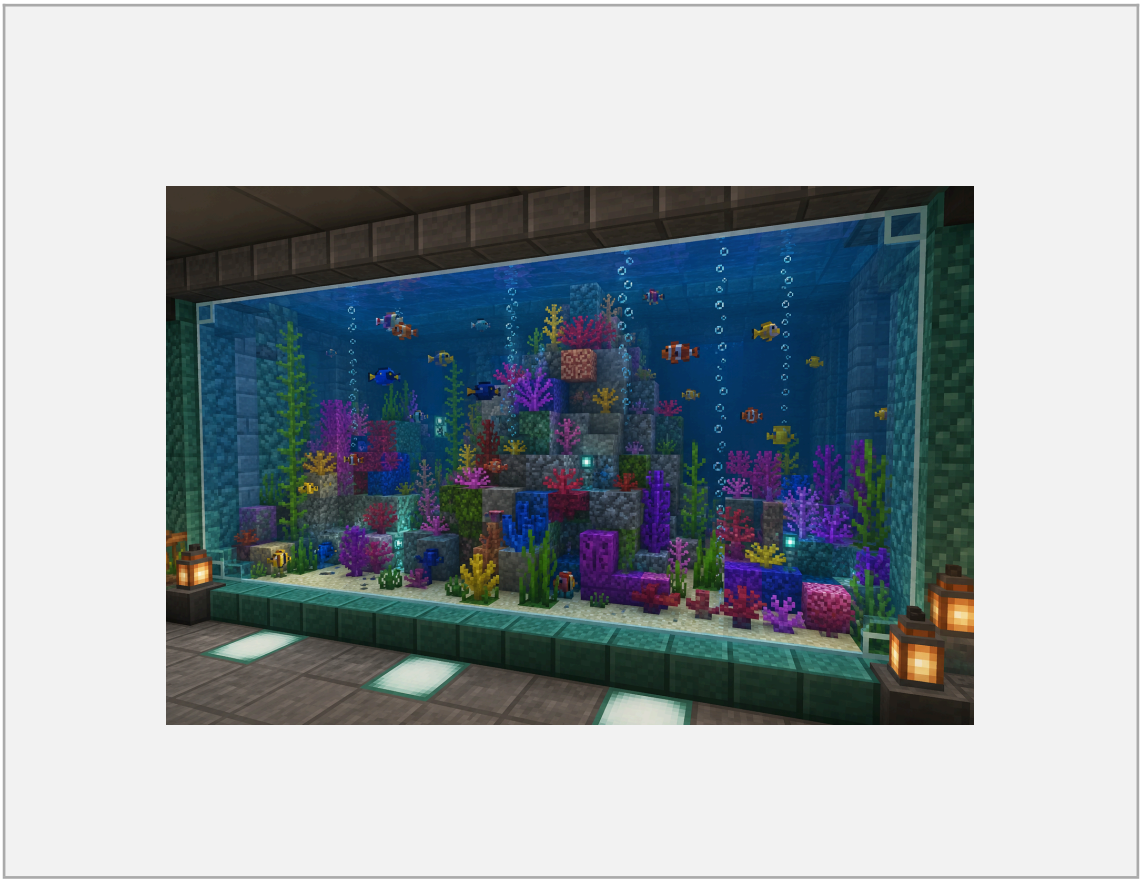


Figura 2. Ambiente aquático construído no Minecraft, com aquário subaquático e elementos decorativos (corais).

A presença de fluidos com densidades distintas, diferenciados visualmente pelas texturas criadas no Photopea, permite comparar o comportamento de objetos em diferentes meios. Neste trabalho, o termo densidade virtual refere-se à representação didática dessas diferenças no ambiente computacional, por meio de blocos, texturas e comportamentos distintos. Essa representação possui finalidade educacional e não busca reproduzir com fidelidade as propriedades físicas reais. O modelo do ROV foi inserido por comando de spawn com textura personalizada (Figura 3), enquanto a representação completa da flutuabilidade e sua movimentação permanecem como etapas futuras.

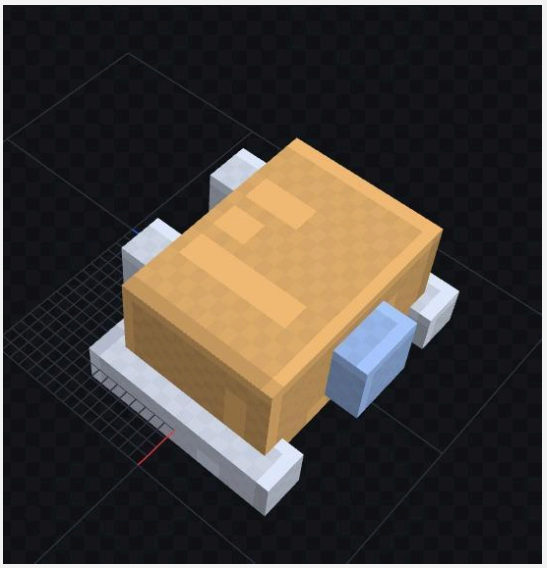


Figura 3. Modelo do ROV desenvolvido no BlockBench com texturas personalizadas aplicadas.

2.4. Modelagem Físico-Matemática

O laboratório virtual representa, de forma educacional simplificada, os princípios físicos que governam o comportamento de objetos em fluidos. Esta representação constitui uma abstração didática, e não uma simulação de alta fidelidade de engenharia, destinada a tornar os conceitos acessíveis ao ensino básico (Halliday et al., 2012).

O conceito central é a densidade (ρ), definida como a razão entre a massa (m) e o volume (V) de um objeto ou fluido:

$$\rho = m / V \qquad (1)$$

onde ρ é expressa em kg/m³, m em quilogramas (kg) e V em metros cúbicos (m³). O empuxo (E), fundamentado no Princípio de Arquimedes, corresponde à força vertical exercida pelo fluido sobre o objeto submerso:

$$E = \rho_{fluido} \times g \times V_{sub} \qquad (2)$$

onde ρ_fluido é a densidade do fluido (kg/m³), g é a aceleração gravitacional (≈ 9,8 m/s²) e V_sub é o volume da parte do objeto submersa no fluido (m³). A condição de flutuação é obtida comparando o peso do objeto (P = m × g) com o empuxo máximo, que ocorre quando o objeto está totalmente submerso (V_sub = V):

$$E_{máx} \geq P \implies \rho_{objeto} \leq \rho_{fluido} \quad \text{(objeto totalmente submerso)} \qquad (3)$$

Para ilustrar pedagogicamente esses princípios, considera-se um exemplo com valores didáticos controlados: uma esfera com massa m = 0,5 kg e volume V = 0,001 m³ (1 litro), resultando em ρ_esfera = 500 kg/m³. Em água (ρ_água = 1.000 kg/m³), com a esfera totalmente submersa: E = 1.000 × 9,8 × 0,001 = 9,8 N e P = 0,5 × 9,8 = 4,9 N; como E > P, há força resultante ascendente e a esfera sobe até o equilíbrio, no qual E = P = 4,9 N e metade do volume permanece submersa. Em um fluido com ρ_fluido = 400 kg/m³: E = 400 × 9,8 × 0,001 = 3,92 N < 4,9 N, a esfera afundaria. Esse contraste é exatamente o que o laboratório virtual permite visualizar ao comparar o comportamento dos objetos nos fluidos texturizados (Figura 4). Ressalta-se que o mod Create: Aeronautics opera sob simplificações inerentes ao ambiente gamificado do Minecraft, e os resultados visuais são coerentes com os princípios das equações (1) a (3) sem garantir precisão numérica de modelos de engenharia.

Os valores apresentados possuem finalidade didática e são utilizados como referência para relacionar a representação visual do ambiente às equações apresentadas, não constituindo, nesta versão, um sistema de cálculo físico de alta fidelidade.

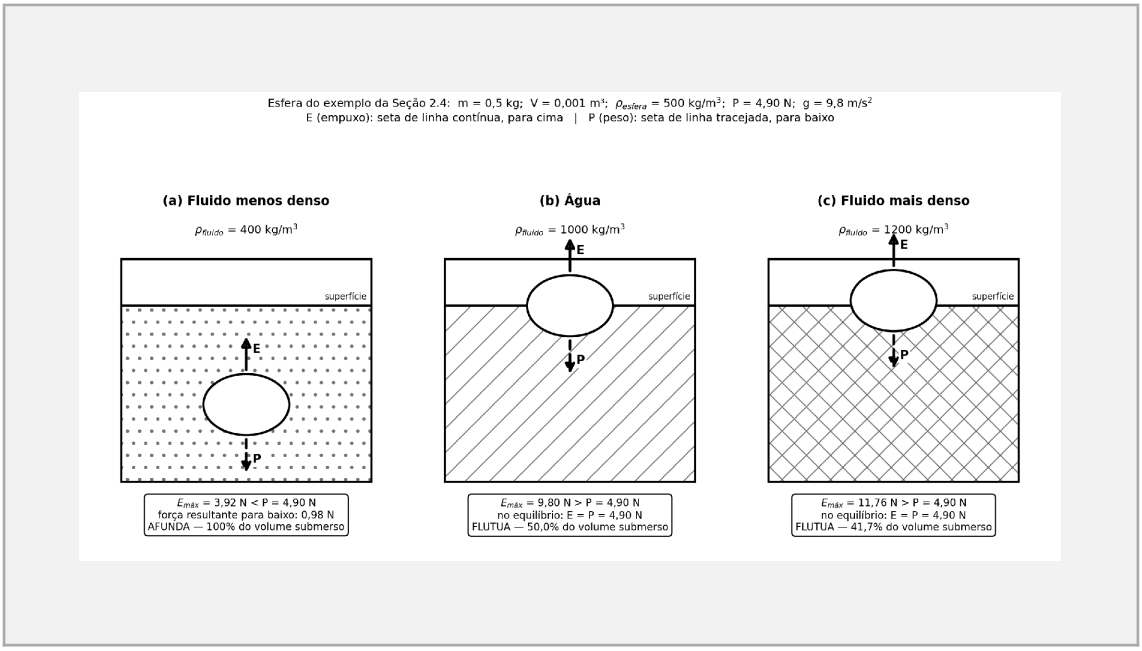


Figura 4. Comportamento da esfera do exemplo da Seção 2.4 (m = 0,5 kg; V = 0,001 m³; ρ_esfera = 500 kg/m³; P = 4,9 N) em fluidos de densidades distintas. O empuxo é indicado por seta de linha contínua e o peso por seta de linha tracejada; os fluidos são diferenciados por padrão de preenchimento e por rótulo numérico.

3. Proposta de Atividade Didática

Para contextualizar o uso do laboratório virtual em ambiente escolar, propõe-se uma atividade didática estruturada com duração de 100 minutos (dois períodos de 50 minutos), destinada a estudantes do Ensino Fundamental II ou Médio que cursem conteúdos de Física relacionados a fluidos, densidade e empuxo.

3.1. Objetivo

Ao final da atividade, espera-se que o estudante seja capaz de: (a) relacionar os conceitos de densidade e empuxo ao comportamento de objetos em fluidos, utilizando as equações (1) a (3) como referência conceitual; (b) formular hipóteses verificáveis sobre o comportamento de objetos antes de testá-las no ambiente virtual; e (c) comparar o comportamento de um mesmo objeto em fluidos de densidades distintas e explicar o resultado observado.

3.2. Roteiro

Primeiro período (50 min) , Contextualização e exploração: o professor apresenta o contexto da robótica submarina e realiza breve exposição dos conceitos de densidade e empuxo, com referência às equações (1) e (2) e ao exemplo didático da Seção 2.4. Os estudantes acessam o laboratório virtual e exploram livremente o ambiente aquático, registrando observações em ficha de campo.

Segundo período (50 min) , Experimentação guiada: com base nas observações iniciais, os estudantes respondem às seguintes perguntas orientadoras: (1) O que acontece com o objeto no fluido mais denso? E no menos denso? Por quê? (2) É possível fazer um objeto afundar em água e flutuar em outro fluido? Qual seria a condição para isso? (3) Como o ROV poderia regular sua profundidade em um ambiente aquático real? (4) Que relação existe entre o tamanho do objeto e sua capacidade de flutuar? Ao final, cada grupo apresenta brevemente uma hipótese formulada e testada no laboratório virtual.

3.3. Evidências de Aprendizagem e Critérios de Avaliação

As evidências de aprendizagem serão coletadas por meio de: (a) ficha de observação preenchida durante a experimentação; (b) respostas escritas às perguntas orientadoras; e (c) questionário de percepção de engajamento pré e pós-atividade com escala Likert de 5 pontos, adaptado de instrumentos validados na literatura (Nkadimeng e Ankiewicz, 2022). A avaliação considerará a correção conceitual das explicações, a coerência entre hipóteses formuladas e resultados observados no laboratório virtual, e a qualidade da participação no ambiente gamificado.

4. Discussão e Estado Atual do Protótipo

4.1. O Minecraft como Ambiente de Aprendizagem

A escolha do Minecraft como plataforma mostrou-se coerente com os objetivos pedagógicos do projeto. A familiaridade dos estudantes com o jogo reduz a curva de adaptação, consistente com o que Nebel, Schneider e Rey (2016) descrevem como um dos principais atrativos do jogo para fins educacionais. Contudo, como discutido na Seção 1.1, essa familiaridade não garante ganho cognitivo por si só: Slattery et al. (2024) mostram que mesmo intervenções estruturadas de larga escala podem não produzir efeito significativo no público geral. Tal constatação reitera que a validação

empírica do protótipo, proposta na Seção 4.3, é uma fase imperativa, e não acessória, do processo de pesquisa.

4.2. Gamificação e Integração STEM

A incorporação de elementos de gamificação representa um dos pontos centrais da proposta. Conforme Kapp (2012), o uso de desafios progressivos, feedbacks imediatos e sistemas de recompensa tende a aumentar a motivação e a participação dos estudantes, elementos estruturados no próprio ambiente do Minecraft.

A fundamentação STEM conferiu ao projeto uma perspectiva interdisciplinar: A Ciência esteve presente na **representação de princípios físicos** ; a Tecnologia, nas ferramentas BlockBench, NeoForge e Photopea; a Engenharia, na concepção modular do laboratório e nos desafios práticos propostos; e a Matemática, nas equações (1) a (3) e nos cálculos de geometria e volume do ambiente virtual. A conexão com as ODS 4 (Educação de Qualidade) e 14 (Vida na Água) reforça o caráter social e ambiental do projeto, situando-o em um contexto mais amplo de relevância global.

4.3. Limitações e Plano de Validação

O protótipo, em seu estágio atual, **implementa representações computacionais dos conceitos de densidade e empuxo** ; a flutuabilidade completa e a incorporação do ROV em movimento permanecem como desenvolvimento futuro. Nenhuma validação com estudantes ou professores foi realizada até o momento, essa é a limitação central deste relato. O laboratório não constitui uma simulação física de alta fidelidade, mas uma representação educacional simplificada, e seus efeitos cognitivos diretos não devem ser assumidos sem validação empírica própria.

Com base nos achados de Nkadimeng e Ankiewicz (2022), que documentaram ganhos de compreensão conceitual ao aplicar o Minecraft a conteúdo físico-científico específico de forma estruturada, planeja-se uma validação piloto com 5 a 10 estudantes e 2 a 3 professores do ensino básico, considerando três dimensões: compreensão conceitual, usabilidade pedagógica e percepção de engajamento. Serão utilizados observação do uso do protótipo, checklist de usabilidade e questionário de percepção com escala Likert de cinco pontos. Os resultados serão utilizados para identificar dificuldades e orientar o aprimoramento do laboratório.

5. Conclusão

Este trabalho em andamento descreveu o design e o estágio atual de um laboratório virtual em Minecraft para o ensino de densidade, empuxo e flutuabilidade no contexto da robótica submarina. A proposta está fundamentada em literatura relevante sobre gamificação e aprendizagem baseada em Minecraft, reconhecendo tanto o potencial motivacional documentado quanto os limites empíricos identificados para ganhos cognitivos diretos. Foram apresentadas: a modelagem físico-matemática subjacente à

representação computacional , com equações educacionais simplificadas (1–3) e exemplo didático controlado; uma proposta de atividade didática estruturada de 100 minutos com perguntas orientadoras e critérios de avaliação; e um protocolo de validação piloto com estudantes e professores.

As próximas etapas da pesquisa envolvem: (a) finalização da **representação computacional da flutuabilidade** e incorporação do ROV em movimento; (b) realização da validação piloto com 5 a 10 estudantes e 2 a 3 professores da educação básica; e (c) refinamento do laboratório virtual com base no feedback coletado. A viabilidade do laboratório como alternativa ao ensino experimental tradicional, especialmente em escolas públicas com infraestrutura limitada, deverá ser verificada a partir da validação empírica e da análise das condições de infraestrutura necessárias para sua aplicação, a serem reportadas em trabalho futuro.

Referências

Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. (2012) Fundamentos de Física – Vol. 1: Mecânica. LTC, 10.ª ed.

Kapp, K. M. (2012) The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Training and Education. San Francisco: Pfeiffer.

Nebel, S.; Schneider, S.; Rey, G. D. (2016) "Mining learning and crafting scientific experiments: a literature review on the use of Minecraft in education and research", Journal of Educational Technology & Society, v. 19, n. 2, p. 355–366.

Nkadimeng, M.; Ankiewicz, P. (2022) "The affordances of Minecraft Education as a game-based learning tool for atomic structure in junior high school science education", Journal of Science Education and Technology, v. 31, n. 5, p. 605–620. DOI: https://doi.org/10.1007/s10956-022-09981-0.

Poláková, M.; Suleimanová, J. H.; Madzík, P.; Copuš, L.; Molnárová, I.; Polednová, J. (2023) "Soft skills and their importance in the labour market under the conditions of Industry 5.0", Heliyon, v. 9, n. 8, art. e18670. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18670.

Slattery, E. J.; Butler, D.; Marshall, K.; Barrett, M.; Hyland, N.; O'Leary, M.; McAvinue, L. P. (2024) "Effectiveness of a Minecraft Education intervention for improving spatial thinking in primary school children: a mixed methods two-level cluster randomised trial", Learning and Instruction, v. 94, art. 102003. DOI: https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2024.102003.

Tablatin, C. L. S.; Casano, J. D.; Rodrigo, M. M. T. (2023) "Using Minecraft to cultivate student interest in STEM", Frontiers in Education, v. 8, art. 1127984. DOI: https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1127984.