

Faz a Limpa: Uma Experiência Maker no Ensino Públíco

Faz a Limpa: A Maker Experience in Public Education

**Thamyres abreu¹, Igor dos Santos Gomes², Maria Júlia da Silva Costa², Gustavo
Kayan Moreira da Silva²,
Júlia Santos², Isaac Estevam², Luiz Eduardo Figueiredo de Uzeda²**

¹ Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – Coppe – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Caixa Postal 68501– Rio de Janeiro – RJ – Brazil

² Universidade Federal do Rio de Janeiro – Caixa Postal 68501– Rio de Janeiro – RJ – Brazil

thamyresabreu@pep.ufrj.br, igorsant.gomes@ufrj.br, majugtc04@gmail.com
gustavokayan.20231@poli.ufrj.br, julliajsantos@outlook.com,
Isaacestevam@poli.ufrj.br, leduzeda@outlook.com

Abstract. Introduction: This paper presents the board game “Faz a Limpa” developed using 3D printing and parametric modeling for public elementary education. The game promotes interdisciplinary learning in a playful and cooperative way. **Objective:** To create a collaborative game that fosters socio-emotional and cognitive skills by connecting school subjects with sustainable practices. **Methodology:** The methodology used was Design Thinking, following six stages: discovery, interpretation, ideation, prototyping, testing, and improvement, with active participation from students and teachers. **Expected Results:** The game is expected to increase student engagement with sustainability topics, strengthen teamwork, and encourage the use of accessible technologies in schools.

Keywords: Educational games, Sustainability, Basic education, Design Thinking, 3D printing.

Resumo. Introdução: Este artigo apresenta o jogo de tabuleiro Faz a Limpa, desenvolvido com impressão 3D e modelagem paramétrica para o ensino básico público. O jogo promove a aprendizagem interdisciplinar de forma lúdica e cooperativa. **Objetivo:** Criar um jogo colaborativo que estimule competências socioemocionais e cognitivas, relacionando conteúdos escolares com práticas sustentáveis. **Metodologia:** A metodologia utilizada foi o Design Thinking, passando por seis etapas: descoberta, interpretação, ideação, prototipação, teste e aprimoramento, com participação ativa de alunos e professores. **Resultados Esperados:** Espera-se que o jogo amplie o engajamento dos alunos com o tema da sustentabilidade, fortaleça o trabalho em equipe e incentive o uso de tecnologias acessíveis nas escolas. **Palavras-chave:** Jogos educativos, Sustentabilidade, Ensino básico, Design Thinking, Impressão 3D.

1. Introdução

Este artigo descreve o desenvolvimento de um jogo educativo para alunos do ensino básico público, utilizando modelagem paramétrica e impressão 3D FDM (*fused deposition modeling*), que tem como objetivo inserir conceitos de sustentabilidade de forma interdisciplinar no ensino básico público.

Observa-se uma crescente disseminação do movimento *maker* com a implementação de projetos, como o Ginásio Experimental Tecnológico do município do Rio de Janeiro e no ensino médio carioca, com a Sala Maker [ADERJ 2021; Prefeitura do Rio de Janeiro 2022]. O movimento *maker* estimula a inovação, criatividade e aprendizado prático através do lema “*do it yourself*”, valorizando a colaboração e a interdisciplinaridade, democratizando o acesso às ferramentas, como impressoras 3D, facilitando a criação e compartilhamento de projetos [Neto *et al.*, 2024]. Essas tecnologias, aliadas a metodologias ativas, ampliam a autonomia dos estudantes e tornam o conteúdo mais concreto e significativo [Soares e Ferreira, 2025; Abreu *et al.*, 2024]. Ainda, impacta a educação desenvolvendo habilidades essenciais, promovendo sustentabilidade, inclusão social e empreendedorismo, moldando um futuro criativo e inclusivo.

De acordo com os autores Silva *et al.* (2024), a implementação de jogos educacionais têm mostrado benefícios significativos na educação para a sustentabilidade no ensino básico. Os autores demonstram que o uso de jogos estimula a criatividade, o raciocínio e o protagonismo dos alunos, favorecendo uma educação mais significativa. Além disso, os jogos promovem inclusão e interação entre os estudantes, incentivando atitudes conscientes e críticas. Ademais, autores como Li, Ma e Shi (2023) e Oliveira *et al.* (2025), apontam um ganho em aprendizado de 30% a 35% de alunos em disciplinas que aplicam a gamificação em comparação aos alunos submetidos ao ensino tradicional.

Os jogos colaborativos promovem habilidades essenciais de trabalho em equipe e comunicação, fundamentais para alcançar objetivos comuns, como completar tarefas complexas, resolver problemas, e alcançar metas específicas dentro do jogo [Cole *et al.*, 2024; Abreu *et al.*, 2025]. O jogo SCREENER exemplifica esses benefícios na prática ao estimular o engajamento e a motivação, por meio da criação de um ambiente de aprendizagem interativo [Noël *et al.*, 2021]. Além disso, esses jogos contribuem para o desenvolvimento de competências sociais e emocionais, como a resolução de conflitos e a tomada de decisões [Wang e Huang, 2021; Abreu *et al.*, 2025].

Para garantir o desenvolvimento de um jogo de tabuleiro envolvente e educativo, é crucial a colaboração entre especialistas e partes interessadas [McGonigal, 2011]. A equipe foi composta por alunos de graduação, pós-graduação e especialistas em game design, que contribuíram com insights valiosos para o aprimoramento das mecânicas do jogo. Ademais, houve também participação de professores e alunos do ensino básico, assegurando que o produto atendesse às necessidades de todos os públicos envolvidos.

2. Referencial Teórico

A utilização de jogos educativos no contexto escolar tem ganhado crescente atenção devido aos múltiplos benefícios que oferecem ao processo de ensino-aprendizagem.

Schell (2008) enfatiza que esses jogos proporcionam uma abordagem envolvente e interativa, tornando a aprendizagem mais divertida e, consequentemente, mais atraente para os alunos. O autor argumenta que o design de jogos pode ser utilizado para criar experiências significativas, que facilitam a aquisição de conhecimentos e habilidades de forma lúdica e motivadora.

Nesse contexto, Hunicke, LeBlanc e Zubek (2004) introduziram o modelo MDA (Mecânicas, Dinâmicas e Estéticas), amplamente utilizado no desenvolvimento e na análise de jogos educativos. Esse modelo contribui para estruturar o *design* de jogos de forma que os objetivos educacionais sejam integrados diretamente às mecânicas, promovendo uma aprendizagem mais eficaz e engajadora. Estudos indicam que a utilização de mecânicas bem projetadas pode facilitar o aprendizado de conceitos complexos e estimular o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas [Grey *et al.*, 2017; Chen, 2019].

Os autores Silva *et al.* (2024) destacam que os jogos educativos não apenas aumentam o engajamento dos alunos, como também promovem a aprendizagem ativa. Eles incentivam os estudantes a participarem de forma mais ativa no processo de construção do conhecimento, em vez de atuarem como receptores passivos de informação. Essa abordagem pode favorecer uma compreensão mais profunda e uma maior retenção dos conteúdos, além de contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais.

De forma complementar, McGonigal (2011) argumenta que os jogos têm o potencial de transformar a educação ao proporcionar experiências que são, ao mesmo tempo, divertidas e educativas. Segundo a autora, os jogos podem ser utilizados para resolver problemas do mundo real e aprimorar o processo de aprendizagem, incentivando os alunos a aplicar os conhecimentos adquiridos de forma prática e relevante. Jogos educativos, quando bem projetados, são capazes de criar um ambiente de aprendizagem simultaneamente desafiador e recompensador, aumentando a motivação dos estudantes para aprender.

Por fim, Salen e Zimmerman (2004) apresentam uma visão aprofundada sobre os fundamentos do design de jogos e como esses princípios podem ser aplicados no contexto educacional. Os autores argumentam que os jogos podem atuar como ferramentas poderosas de ensino, ao proporcionar um ambiente de aprendizagem dinâmico e interativo. A estrutura de jogos bem elaborados favorece a aprendizagem de forma organizada, permitindo que os estudantes experimentem e adquiram conhecimento por meio da prática e da interação.

3. Metodologia

A metodologia Design Thinking aplicada a este projeto baseia-se nos conceitos destacados por Tim Brown (2008) e delineados pela IDEO (2012). Trata-se de uma abordagem interativa e centrada no ser humano, projetada para enfrentar problemas complexos. Essa metodologia fomenta a inovação em diversos setores, ao integrar as necessidades dos usuários com soluções tecnologicamente viáveis e estrategicamente sólidas. É composta por seis etapas principais, conforme ilustrado na Figura 1.

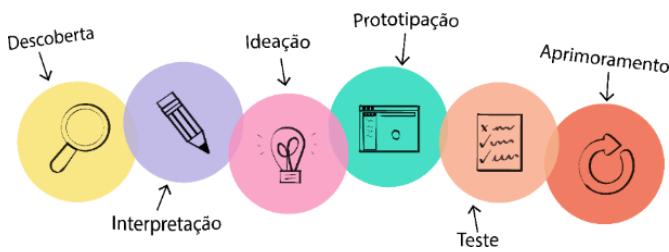


Figura 1. Metodologia Desing Thinking

O projeto teve início na etapa de Descoberta, desenvolvida entre setembro de 2023 e janeiro de 2024, por meio de pesquisas sobre os conteúdos e a estruturação do Novo Ensino Médio. Essa fase contou com entrevistas realizadas com uma professora e trinta alunos do ensino básico do Colégio Estadual Professor Mendes de Moraes, escola parceira situada no Rio de Janeiro.

Em seguida, foi realizada a etapa de Interpretação, na qual dois bolsistas — um da área de *Design* e outro de Engenharia de Produção — buscaram e analisaram artigos relacionados ao desenvolvimento, implementação e eficácia de jogos educativos como ferramenta de apoio às metodologias de ensino ativas.

Na fase de Ideação, foram promovidas sessões de geração de ideias com a equipe do projeto, composta por um aluno de *Design*, um de Engenharia de Produção, uma aluna de mestrado e um especialista em desenvolvimento de jogos. Nessa etapa, foram aplicadas técnicas criativas e elaborados os primeiros esboços com o objetivo de propor soluções compatíveis com as demandas identificadas nas fases anteriores.

A etapa de Prototipação envolveu o desenvolvimento das modelagens dos componentes do jogo, o design das cartas e a elaboração do conteúdo pedagógico, este em parceria com a professora colaboradora.

Por fim, as fases de Teste e Aprimoramento foram realizadas de forma cílica entre maio de 2024 e abril de 2025. Foram conduzidos oito testes em laboratório com dez alunos de graduação, dois de pós-graduação e uma professora da área de Engenharia de Produção, além de dois testes aplicados em turmas da escola parceira. Cada rodada de testes foi seguida por avaliações, ajustes e aprimoramentos com base no feedback dos participantes.

4. Mecânicas, *Design* e Aprendizagem

O jogo *Faz a Limpa* narra a história de um mundo em que a população sofre com o descaso e as cidades são desenvolvidas sem qualquer planejamento adequado. Com os impactos negativos se agravando e afetando diretamente a qualidade de vida, um grupo de moradores de três cidades vizinhas decide se unir para buscar soluções voltadas à reconstrução de suas comunidades. Sabendo da urgência de agir antes que os problemas se tornem irreversíveis, eles recorrem a pesquisadores universitários e, por meio da busca por conhecimentos científicos, iniciam a implementação de medidas mais sustentáveis.

Considerando os principais desafios de cada localidade, os pesquisadores desenvolvem planejamentos estratégicos baseados em três pilares fundamentais: qualidade de vida, educação e aspectos socioambientais. O tempo é curto: eles têm apenas 9 anos para colocar os projetos em prática e transformar suas cidades em lugares mais sustentáveis. Neste cenário, cada rodada representa um ano.

O jogo desafia os participantes a equilibrar respostas corretas com ações estratégicas para avançar pelo tabuleiro, reduzir a poluição e implementar conjuntos de soluções sustentáveis para os problemas apresentados. Para alcançar o objetivo comum dentro do prazo, os jogadores precisam cooperar entre si e compartilhar recursos de forma eficiente. Com o propósito de inserir e disseminar os conceitos de desenvolvimento sustentável, o Faz a Limpa busca apresentar esses temas essenciais de maneira simples, contextualizada e relevante para a realidade dos alunos, utilizando um processo construtivo que pode ser replicado em diferentes contextos educacionais.

4.1. Desenvolvimento do Jogo

Durante a etapa de prototipação, as peças do jogo foram desenvolvidas utilizando softwares *open source*, como o *Inkscape* para desenho vetorial e o *Onshape* para modelagem paramétrica. A escolha por softwares gratuitos teve como objetivo possibilitar, posteriormente, a qualificação dos alunos nessas ferramentas, permitindo que desenvolvam seus próprios jogos.

As cartas do jogo também foram criadas no *Inkscape*, com dimensões de 63,5 × 88 mm. Essa escolha visa possibilitar o uso de *sleeves* (capas protetoras), o que contribui para a preservação dos materiais e o aumento da durabilidade das cartas durante o uso contínuo.

4.1.1. Peças Conjunto, Poluição e Tabuleiro

O jogo é composto por dezoito peças, divididas em três subcategorias: social, tecnológica e ambiental (Figura 2). No início da partida, cada uma dessas peças possui um marcador de poluição sobre ela. O objetivo dos jogadores é equilibrar os três pilares para alcançar o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, o jogo introduz a perspectiva de cada uma dessas áreas no contexto das disciplinas de Matemática, Física, Biologia e Química.



Figura 2. Peças e suas categorias: poluição, social, tecnológico e ambiental

A partir disso, cada equipe recebe um tabuleiro (Figura 3), cuja função principal é alcançar uma das condições de vitória do jogo: obter os marcos de sustentabilidade.



Figura 3. Tabuleiro do Jogo

4.1.2. Peça do Jogador, Cartas Questão e Marcos

Para a identificação de cada jogador, foram desenvolvidos nove personagens distintos, permitindo que cada participante escolha livremente a peça que melhor o represente. Essa personalização inicial contribui para o engajamento e torna a experiência de jogo mais envolvente. Cada personagem é composto por uma peça impressa em 3D, que se movimenta pelo tabuleiro, e por uma carta de identificação que apresenta as habilidades e as possibilidades de jogadas do jogador (Figuras 4, 5 e 6).



Figura 4. Personagens do jogo peão

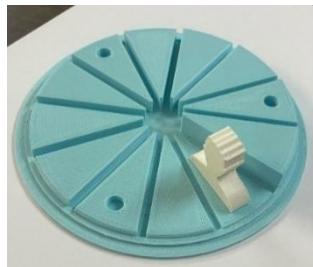


Figura 5. Peão no tabuleiro



Figura 6. Personagens do jogo carta

O baralho foi desenvolvido para ser adaptável a qualquer disciplina e tema relacionados à sustentabilidade. Pode ser utilizado em uma única matéria ou em várias, conforme a demanda do professor e a forma de inserção no ambiente escolar. Cada carta inclui a resposta no canto, permitindo que o aluno a vire para outro grupo em caso de dificuldade de leitura, sem revelar a resposta (Figura 7).

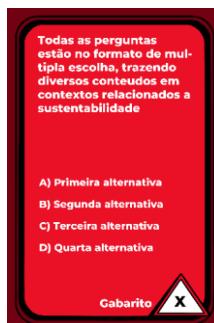


Figura 7. Carta de pergunta

Por fim, as cartas de marco foram concebidas com o objetivo de despertar o interesse dos alunos pelo tema da sustentabilidade e sua relevância. Cada carta apresenta um projeto universitário que propõe uma solução para um desafio sustentável, aproximando, assim, os estudantes do ensino básico das discussões e pesquisas desenvolvidas no ensino superior.

4.2. Dinâmica do Jogo

Cada jogador inicia com seis peças de seu respectivo pilar poluídas. O objetivo principal é que, ao final de nove rodadas, cada grupo consiga remover toda a poluição dessas peças. Posteriormente, os jogadores devem trocar peças entre si, de modo que cada grupo forme dois conjuntos, cada um contendo uma peça de cada pilar (social, tecnológico e ambiental) (Figura 8).

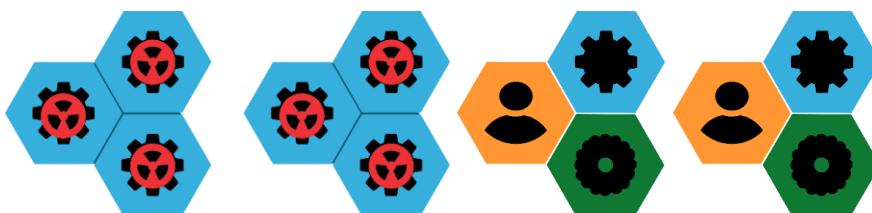


Figura 8. Início e final do jogo

Em cada rodada, o jogador tem direito a uma ação garantida. No entanto, ao acertar uma pergunta, conquista o direito a uma segunda ação. Caso erre, permanece apenas com a ação inicial. As ações disponíveis no jogo são: retirar poluição, mover a peça no tabuleiro e trocar peças com outros jogadores, sendo que a quantidade de trocas pode variar conforme o personagem do jogador (Figura 9).

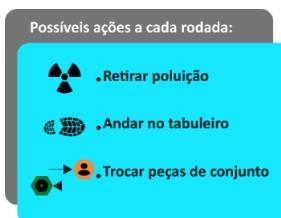


Figura 9. Movimentos possíveis

O objetivo do jogo é ser cooperativo, e as mecânicas foram elaboradas para reforçar essa perspectiva. Como citado anteriormente, a cada rodada os jogadores devem responder a uma pergunta. Caso respondam corretamente em até dois minutos, ganham uma ação extra na rodada. Contudo, é proibido que outra equipe auxilie na resposta. Para cronometrar esse tempo, foram incluídas ampulhetas que auxiliam na verificação dos dois minutos (Figura 10).



Figura 10. Ampulheta

Além de remover a poluição de todas as peças do conjunto, os jogadores devem conquistar pelo menos cartas de marcos. Para balancear as equipes e evitar que um grupo mais avançado obtenha a vitória sozinho, o jogo foi projetado com um limite de nove rodadas, permitindo que cada grupo conquiste no máximo dois selos. Essa dinâmica incentiva a colaboração e a descentralização, garantindo que todas as equipes participem ativamente do jogo.

4.3. Prototipagem

O custo total de produção das peças do projeto foi analisado com base no custo dos insumos e no consumo de energia. O material utilizado foi o filamento PETG. A análise do custo de impressão por peça proporciona uma visão clara do investimento necessário para o desenvolvimento do projeto. O tempo de produção de cada peça varia conforme seu tamanho.

Para a impressão, foi utilizada uma impressora Ender 3 v2 equipada com bico de 0,8 mm. A altura de cada camada foi definida em 0,32 milímetros, com preenchimento de 15% no padrão Giroide e velocidade de impressão de 60 mm/s (Tabela 1).

Tabela 1. Tabela de custo e tempo de impressão

Peça	Peso (g)	Tempo (h)	Custo material	Custo energia	Total
Tabuleiro	45	01:56	R\$ 4,57	R\$ 0,08	R\$ 4,65
Ambiental	8	00:24	R\$ 0,84	R\$ 0,02	R\$ 0,86
Tecnológico	8	00:24	R\$ 0,84	R\$ 0,02	R\$ 0,86
Social	8	00:24	R\$ 0,84	R\$ 0,02	R\$ 0,86
Poluição	3	00:08	R\$ 0,27	R\$ 0,01	R\$ 0,28
P1 ao P9	53	02:29	R\$ 5,36	R\$ 0,09	R\$ 5,45
Total Geral					R\$ 12,96

4.4. Testes e Avaliações

Foram realizadas dez testes e avaliações do jogo, sendo oito em laboratório com uma equipe interdisciplinar composta por dez alunos de graduação de diferentes cursos, como Licenciatura em Ciências, Design e Engenharia. Participaram também dois alunos de mestrado e uma professora da área de Engenharia de Produção, com o objetivo de aprimorar o jogo.

O primeiro teste foi essencial para ajustar a mecânica e a duração da partida. Para sua realização, utilizou-se um protótipo em papel, focado em avaliar as mecânicas em sua fase inicial, a compreensão do jogo, a estruturação e o tempo de cada rodada. Observou-se que essa versão apresentava diversas falhas e incoerências, tornando o jogo extremamente acelerado e com fluidez insatisfatória.

A partir dessas avaliações, a dinâmica do jogo foi completamente modificada. Decidiu-se que, em vez das peças adquirirem poluição ao longo das rodadas, seria mais coerente que o jogo começasse com as peças poluídas e que, ao serem limpas, permanecessem limpas, evitando a frustração dos jogadores ao verem seu progresso ser perdido. No segundo teste, constatou-se que as cartas de penalidade deveriam ser removidas, direcionando o foco do jogo exclusivamente para o conteúdo do ensino básico.

No terceiro teste, o jogo se mostrou funcional, fluido e alinhado com a proposta. Para ampliar a conexão dos jogadores com o tema da sustentabilidade, foram adicionadas cartas de marcos.

A quarta avaliação foi realizada na escola parceira Centro Educacional Prefeito Mendes de Moraes, com seis alunos do primeiro ano do ensino médio, durante uma disciplina de reforço escolar. O objetivo dessa dinâmica foi observar o comportamento dos alunos durante o jogo, suas dificuldades e sucessos. Além disso, foi realizada a escolha do nome do jogo, decisão tomada em grupo para incluir os alunos no desenvolvimento do projeto. Foram indicados três nomes: “Ambientável” (0 votos), “Arrastão” (7 votos) e “Faz a Limpa” (8 votos). Após a votação, o nome do jogo foi definido como Faz a Limpa.

Ao término do jogo, aplicou-se um formulário aos alunos participantes com o objetivo de avaliar e aprimorar o jogo. Segundo a professora Laís Schomaker Maurell, que acompanhou a dinâmica, “pude perceber que os alunos gostaram muito de jogá-lo, ficaram entretidos e concentrados durante a realização da atividade” (Tabela 2)

Tabela 2. Resposta questionário de avaliação, foi realizada uma média ponderada para avaliação do resultado

Pergunta	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente	Méd.
1) O jogo foi uma experiência divertida e envolvente;	0	0	2	0	3	0,6
2) Aprendi algo novo com o jogo;	0	2	0	1	2	0,5
3) As instruções do jogo eram claras e fáceis de entender;	0	0	0	1	4	0,7
4) O jogo oferece desafios apropriados para o meu nível de conhecimento e habilidades;	0	0	2	0	3	0,6
5) Eu me senti motivado(a) a continuar jogando jogos educativos;	0	0	2	0	3	0,6
6) Eu achei esse jogo um ótimo jeito para aprimorar meus conhecimentos;	0	0	0	2	3	0,7
7) As cartas eram fáceis de ler e entender;	0	0	0	0	5	0,8
8) O trabalho em grupo foi fundamental para resolver as questões.	0	2	0	0	3	0,6

Foram realizados mais cinco testes em ambiente de laboratório com alunos de graduação, com o objetivo de validar as melhorias implementadas após as avaliações iniciais. Esses testes permitiram observar uma maior fluidez nas partidas, melhor compreensão das regras e maior alinhamento entre as mecânicas do jogo e os conteúdos escolares. Além disso, foi realizado um teste em escola. Com as melhorias incorporadas, realizou-se um teste em sala de aula com alunos do segundo ano do ensino médio. A nova versão do jogo mostrou-se mais fluida, com regras compreendidas com facilidade e maior equilíbrio nas perguntas.

4.5. Processo de Aprendizagem

A partir das avaliações com os alunos realizados por meio de observações diretas, anotações de campo e relatos espontâneos identificou-se que o jogo favoreceu a aprendizagem ativa e interdisciplinar. A abordagem qualitativa adotada permitiu

compreender as interações e percepções dos estudantes, demonstrando a aplicação dos conhecimentos escolares em um contexto lúdico e significativo. Ainda, a estrutura cooperativa do jogo incentivou o trabalho em equipe, a tomada de decisões coletivas, o desenvolvimento de negociações e o pensamento estratégico, contribuindo para o fortalecimento de competências socioemocionais.

Um dos alunos participantes do ensino médio relatou: “No início foi um pouco difícil porque eu não jogo jogos de tabuleiro, mas com o tempo e com a ajuda dos meus amigos consegui entender o jogo. Até que é legal, não é bem uma prova, mas algumas perguntas são difíceis, mas como a gente tem que responder rápido para avançar acaba que não tem muito problema errar algumas”. Esse tipo de percepção reforça o potencial pedagógico do jogo e o impacto positivo das estratégias de personalização, como a escolha do nome do jogo. Tais elementos contribuíram para o engajamento, reforçando o protagonismo discente e promovendo uma aprendizagem mais significativa e duradoura.

5. Conclusão

O presente trabalho relatou a experiência do desenvolvimento de um jogo de tabuleiro educativo utilizando prototipagem rápida em parceria com escolas públicas do Rio de Janeiro. O jogo “Faz a Limpa” foi desenvolvido para integrar conceitos de sustentabilidade no ensino básico de forma prática e interdisciplinar. As avaliações dos alunos indicaram que o jogo facilita a compreensão sobre sustentabilidade e os conteúdos didáticos e, ainda, promove habilidades essenciais como colaboração e resolução de problemas.

O objetivo desta pesquisa foi concluído com sucesso, resultando em um jogo que pode ser utilizado em diversas matérias do ensino básico, integrando conceitos de sustentabilidade de forma prática e interdisciplinar.

Apesar dos resultados positivos, a pesquisa possui limitações, como o número limitado de participantes e o ambiente controlado do estudo, que podem não refletir a diversidade de contextos educacionais. Além disso, o feedback foi coletado em um curto período, não capturando os efeitos a longo prazo.

Como proposta para trabalhos futuros, pretende-se desenvolver novos jogos em colaboração com outras escolas públicas e realizar estudos com mais amplas e em contextos diversificados. O objetivo dessas implementações seria validar e aprimorar os resultados obtidos, contribuindo para uma educação mais dinâmica, inclusiva e eficaz.

6. Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC-UFRJ), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Parque Tecnológico da UFRJ pelo apoio à esta e outras pesquisas.

7. Referências

Abreu, T. C. D. C., Paiva, L. C. V. D., Uzeda, L. E. F. D., Sobral Filha, D. D., & Xavier, A. F. (2024). Integração de tecnologias emergentes no ensino: Modelagem paramétrica e impressão 3D na educação básica. Anais do XV International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design – Graphica 2024, Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IF Sul).

Abreu, T. C. da C., Gomes, I. dos S., Fontainha, T. C., & Xavier, A. F. (2025). Desenvolvimento de um jogo sério com foco na educação para desenvolvimento sustentável no ensino de engenharia. Enegep, XLV Encontro Nacional de Engenharia de Produção "Produção inteligente para um futuro renovável" Natal, Rio Grande do Norte, 14 a 17 de outubro de 2025.

ADERJ – Associação dos Diretores de Escolas Públicas do Estado do Rio de Janeiro. (2021). Sala Maker. ADERJ. <https://www.aderj.org.br/post/sala-maker>

Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84–92. <https://hbr.org/2008/06/design-thinking>

Chen, K. (2020). The Fallacies of MDA for Novice Designers: Overusing Mechanics and Underusing Aesthetics. In *Interactivity and the Future of the Human-Computer Interface* (pp. 190-205). IGI Global.

Cole, C., Parada, R. H., & Mackenzie, E. (2024). Why and how to define educational video games?. *Games and Culture*, 19(8), 981-999.

Grey, S., Grey, D., Gordon, N., & Purdy, J. (2017). Using formal game design methods to embed learning outcomes into game mechanics and avoid emergent behaviour. *International journal of game-based learning (IJGBL)*, 7(3), 63-73.

Hunicke, R., LeBlanc, M., & Zubek, R. (2004). MDA: A formal approach to game design and game research. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI* (Vol. 4, No. 1, p. 1722).

IDEO. (2012). Design thinking for educators. <https://page.ideo.com/design-thinking-edu-toolkit>

Li, M., Ma, S., & Shi, Y. (2023). Examining the effectiveness of gamification as a tool promoting teaching and learning in educational settings: a meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 14, 1253549.

McGonigal, J. (2011). *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. Penguin.

Neto, J. R., de Oliveira Maia, L. E., Menezes, D. B., & Vasconcelos, F. H. L. (2024). A cultura Maker como metodologia ativa de Ensino: Contribuições, Desafios e Perspectivas na Educação. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, 25(1), 107-115.

Noël, F., Xexéo, G., Mangeli, E., Mothé, A., Marques, P., Kritz, J., Blanchard, F., Vermelho, H., & Paiva, B. D. (2021). SCREENER, an educational game for teaching

the drug discovery and development process. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 54, e11786.

Oliveira, C. Q., Silva, M. D. L. L. D. S. E., Carmo, B. P. R., & Andrade, L. C. C. (2025). Aula expositiva versus gamificação na fixação do conhecimento em estudantes de Medicina: um estudo randomizado. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 49(1), e025.

Prefeitura do Rio de Janeiro. (2022, 23 de março). Prefeitura do Rio inaugura primeiro Ginásio Experimental Tecnológico. Prefeitura do Rio de Janeiro. <https://prefeitura.rio/educacao/prefeitura-do-rio-inaugura-primeiro-ginasio-experimental-tecnologico/>

Schell, J. (2008). *The Art of Game Design: A book of lenses*. CRC press.

Silva, A. S. N., Nogueira, P. L., & de Rezende, L. G. (2024). “Trilha Sustentável” na construção do conhecimento: o conceito de sustentabilidade através de um jogo educativo. *Revista Ponto de Vista*, 13(3), 01-19.

Soares, L. L., & Ferreira, C. (2025). Aplicação de Metodologias Ativas para o Ensino da Modelagem e Prototipagem 3d: um Relato de Experiência no Ensino Médio. *RELACult-Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade*, 11.

Tekinbas, K. S., & Zimmerman, E. (2003). *Rules of play: Game design fundamentals*. MIT press.

Wang, C., & Huang, L. (2021). A Systematic Review of Serious Games for Collaborative Learning: Theoretical Framework, Game Mechanic and Efficiency Assessment. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(06), pp. 88–105. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i06.1849>