

Como um Jogo de VR consegue conscientizar sobre a coleta e reciclagem de lixo Marítimo

Henrique Andretti Coelho
Universidade do Vale do Itajaí - Univali
henriquec@edu.univali.br

Daniel Barbosa Siebert
Universidade do Vale do Itajaí - Univali
daniel.siebert@univali.br

Giorgio Gilwan da Silva
Universidade do Vale do Itajaí - Univali
giorgiogilwan@univali.br

Tiago Vinicius Ficagna
Universidade do Vale do Itajaí - Univali
tiago@univali.br

Guilherme Sauthier
Universidade do Vale do Itajaí - Univali
guilherme.sauthier@univali.br

José Vítor Lemos
Universidade do Vale do Itajaí - Univali
jose.8323470@edu.univali.br

Rafael da Silva Rocha
Universidade do Vale do Itajaí - Univali
rocha@edu.univali.br

Abstract:

The oceans are polluted and while we hear about cleaning them, many people do not know what happens to the recycled materials or how the process works. This project addresses that gap by creating "Recycling Ocean," a Virtual Reality (VR) serious game to raise environmental awareness. This paper presents the ongoing development of an alpha prototype that allows users to experience a simplified process of collecting marine litter and, crucially, recycling it by transforming the waste into new objects. Grounded in educational theory, the game uses VR's immersive power to create cognitive engagement and reinforce the importance of the complete recycling cycle. The goal is to sensitize users, particularly children and young people, to the importance of ocean conservation.

CCS CONCEPTS

Human-centered computing → Virtual reality (VR);
Applied computing → Education → Interactive learning environments;
Applied computing → Computer games → Serious games;
Social and professional topics → Sustainability;

Keywords

Virtual Reality (VR), Serious Game, Environmental Awareness, Recycling, Marine Pollution

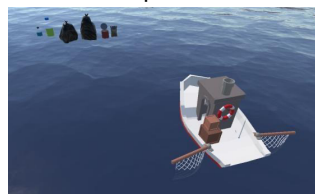
1. Introdução

A poluição dos oceanos tem se tornado um problema ambiental cada vez mais evidente. Em resposta a essa situação, diversas organizações vêm promovendo ações coletivas, como mutirões de limpeza em praias e coletas de resíduos marítimos. No entanto, grande parte da população ainda desconhece o destino desses resíduos e os processos envolvidos em sua reciclagem. Diante desse contexto, desenvolvemos este projeto, cujo objetivo é demonstrar, por meio de um jogo em realidade virtual

Recycling Ocean, uma rotina simplificada de coleta e, principalmente a reciclagem de lixo marítimo. A proposta busca promover a conscientização ambiental. Este artigo apresenta o projeto em sua fase atual: um protótipo funcional (MVP - Minimum Viable Product) que permite ao usuário vivenciar, em um ambiente virtual, o processo de transformação dos materiais coletados em novos objetos. O foco deste trabalho é detalhar a concepção, as decisões de design e o fluxo inicial de desenvolvimento desta experiência.

Figura 1 – Visualização do barco de coleta e os lixos presentes no mar.

Segundo [10] (2021), 80% dos lixos presentes nos mares e oceanos nascem de atividades em terra, como atividades industriais e falta de saneamento básico. O restante vem de atividades marítimas como pescas e transportes. Gerando anualmente em média, 13 milhões de lixo despejado nos mares. Considerando esses dados, identificamos a necessidade de promover uma reflexão mais aprofundada sobre o tema. Apesar de a ONU [17] ter declarado o período de 2021 a 2030 como a "Década do



Oceano", observa-se que a discussão acerca da preservação marinha tem perdido espaço diante de outras pautas igualmente relevantes e complexas. Assim, ao retomarmos essa

temática com o uso da Realidade Virtual, buscamos reforçar a importância da conservação dos oceanos e sensibilizar crianças e jovens a cuidarem dos mares.

2. Fundamentação

Teórica

A adoção da Realidade Virtual - VR, como ferramenta pedagógica está crescendo, impulsionada por uma rápida maturação do mercado. Hoje, existe uma base global de 171 milhões de usuários [2, 19] e um crescimento (Taxa de Crescimento Anual Composta) de até 38% [21], com um aumento de 41% focado especificamente em educação e saúde [4]. No entanto, a eficácia da VR não é pela tecnologia em si, mas pela sua capacidade de gerar imersão e presença. Isso catalisa o engajamento afetivo e

cognitivo [8]. Esse engajamento é um mecanismo neurocientífico que, ao induzir o prazer, faz o cérebro liberar dopamina [13]. Gerando assim um aprimoramento na atenção e na consolidação da memória. O resultado disso é uma retenção de conhecimento muito superior. Estudos de curto prazo mostram um aumento de 35.2% na retenção [1] e pesquisas corporativas indicam 80% de retenção do material após um ano [20]. Porém, essa eficácia não é automática e depende de duas variáveis críticas: o design da interação e a estética visual. A pesquisa de [23] mostra que a retenção é maior quando a VR usa interação ativa e somatossensorial, e não passiva. Além disso, a escolha da estética é uma decisão pedagógica fundamental. O fotorrealismo é mais eficiente para a transferência 1:1 de conhecimento [3] como na educação especial [5] enquanto o "cartoon" é mais eficaz para reduzir a carga cognitiva e facilitar a "compreensão conceitual" de processos [18].

3. Procedimentos Metodológicos

O desenvolvimento do protótipo do jogo é conduzido sob metodologias ágeis e práticas de jogos indie. A etapa inicial de ideação e revisão de contexto ocorreu por meio de brainstorming [3] e princípios de Design Thinking [9]. Essa abordagem focou na clareza dos objetivos, definindo o problema educacional sem a necessidade de artefatos formais complexos, como o "Canvas" [14].

O fluxo de construção foi dividido em três etapas técnicas iterativas: Ideação e Modelagem 3D: Para reduzir a carga cognitiva [18] e garantir uma alta taxa de quadros (FPS) — essencial para evitar o motion sickness em VR —, optou-se pela estética Low-Poly e Cartoon. Os assets, incluindo o barco, os resíduos (com cores padronizadas para fácil identificação) e a Máquina de Reciclagem (Figuras 1 e 2), foram todos modelados no software Blender. Implementação (Core Loop): O protótipo é desenvolvido na engine Unity 3D, utilizando o framework XR Interaction Toolkit para padronizar a captura de movimentos.

O Core Loop exige que o jogador navegue fisicamente com os lemes do barco, utilize o sistema de grab (agarrar) da VR para recolher o lixo flutuante e insira os resíduos nas aberturas da Máquina de Reciclagem. O processamento gera feedback visual e sonoro com a criação de um novo objeto. Avaliação: A eficácia do projeto será mensurada por meio de uma avaliação sumativa baseada em questionários [12]. O processo segue os níveis 1 (Reação) e 2 (Aprendizagem/Conscientização) do modelo de Kirkpatrick [15] analisando tanto o engajamento quanto o impacto educativo da experiência.

4. Conclusão

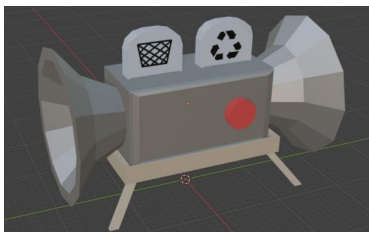
Recycling Ocean visa então, firmado em todas estas metodologias, reforçar e relembrar a importância de coletar, mas principalmente reciclar o lixo encontrado nos mares.

Figura 2 – Máquina de reciclagem fictícia, criada para o jogo.

Este artigo apresentou a concepção e a arquitetura inicial do Recycling Ocean, detalhando seu fluxo de desenvolvimento e decisões de design técnico focadas em Realidade Virtual. O projeto encontra-se atualmente na

fase de protótipo funcional fechado (Alfa), já possuindo as mecânicas de navegação, coleta e a simulação da máquina de reciclagem implementadas na engine Unity.

Os próximos passos incluem o refinamento das interações físicas (physics-based interactions) dos lixos com a água, a finalização estética dos cenários e o início da fase de testes de usabilidade com o público-alvo. Esses testes utilizarão os métodos de avaliação de Kirkpatrick já definidos na metodologia, visando validar se as decisões de design adotadas resultam em real engajamento e aprendizado sobre sustentabilidade marinha.



Referências

- [1] ACE-ED.ORG (Chicago). **Study Finds Virtual Reality Improves Students' Knowledge Retention and Motivation**. Disponível em: <https://ace-ed.org/study-finds-virtual-reality-improves-students-knowledge-retention-and-motivation/>. Acesso em: 28 abr. 2024.
- [2] AMRA & ELMA. **Virtual Reality Marketing Statistics**. Disponível em: <https://www.amraandelma.com/virtual-reality-marketing-statistics-2/>. Acesso em: 05 nov. 2025.
- [3] ANGELA NELSON (Us). Stages Learning. **Why Real Photo Games in Early Childhood Education?** Disponível em: <https://blog.stageslearning.com/blog/why-real-photo-games-in-early-childhood-education>. Publicado em: 14 abr. 2014.
- [3] BRETT WARREN. **How to brainstorm video game ideas:** allow this step-by-step guide to learn the modern process of brainstorming in milanote, a free tool used by top creatives.. allow this step-by-step guide to learn the modern process of brainstorming in Milanote, a free tool used by top creatives.. 2025. Coordenado por Milanote. Disponível em: <https://milanote.com/guide/game-design-ideas>. Acesso em: 07 nov. 2025.
- [4] BUSINESS RESEARCH INSIGHTS. **Tamanho do mercado de realidade aumentada e virtual (AR VR), participação, crescimento e análise da indústria, por tipo de dispositivo AR e dispositivo VR), por aplicação, (fabricação, manutenção, assistência médica, orientação remota, varejo, jogo, metaverso e outros) e previsão regional para 2035 Source:** <https://www.businessresearchinsights.com/pt/market-reports/augmented-and-virtual-reality-ar-vr-market-117672>. Global: Business Research Insights. Ano base: 2024. 111 p. (ID do Relatório: BRI117672 / ID SKU: 28207557). Disponível em: <https://www.businessresearchinsights.com/pt/market-reports/augmented-and-virtual-reality-ar-vr-market-117672>. Atualizado em: 27 out. 2025.
- [5] CARTER, Cheriece K.; HARTLEY, Calum. Are Children With Autism More Likely to Retain Object Names When Learning From Colour Photographs or Black-and-White Cartoons? **Journal Of Autism And Developmental Disorders**, [S.L.], v. 51, n. 9, p. 3050-3062, 6 nov. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-020-04771-2>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/345410317_Are_Children_With_Autism_More_Likely_to_Retain_Object_Names_When_Le arning_From_Colour_Photosrphs_or_Black-and-White_Cartoons. Acesso em: 10 nov. 2025.
- [6] DAVE ENG. University Xp. **Game Goals vs Learning Outcomes**. 2024. Disponível em: <https://www.universityxp.com/blog/2024/8/20/game-goals-vs-learning-outcomes>. Publicado em: 20 ago. 2024.

[7] ELLISON, Gemma. Agile Game Development Methods: Boost Your Production Pipeline Efficiency. 2025. Disponível em: <https://www.wayline.io/blog/agile-game-development-methods-production-pipeline-efficiency>. Acesso em: 08 nov. 2025.

[8] ERICA VOLA. Impacts of Virtual Reality Experiences: Enhanced Undergraduate Student Performance and Engagement with use of 360-degree video: <https://doi.org/10.1101/2023.02.16.528835>. Biorxiv. Global. 16 nov. 2023. Disponível em: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2023.02.16.528835v2.full#page>. Acesso em: 06 nov. 2025.

[9] FERNANDES, Kleber T. et al. Palavras da Vida: Desenvolvimento de um Jogo Digital Baseado na Metodologia de Paulo Freire para a Alfabetização de Jovens e Adultos. XXIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (Sbgames 2025), Salvador/Ba, set./out. 2025.

[10] JENNIFER ANN THOMAS (Brasil). Poluição dos oceanos: de onde vem o lixo. 2021. Disponível em: <https://umsoplaneta.globo.com/biodiversidade/noticia/2021/06/19/poluicao-dos-oceanos-de-onde-vem-o-lixo.ghtml>. Publicado em: 19 jun. 2021.

[11] KALMPOURTZIS, George; ROMERO, Margarida. Constructive alignment of learning mechanics and game mechanics in Serious Game design in Higher Education. International Journal Of Serious Games, \[S.L.], v. 7, n. 4, p. 75-88, 4 dez. 2020. Serious Games Society. <http://dx.doi.org/10.17083/ijsg.v7i4.361>.

[12] LAUREN BLOOMFIELD. Evaluating the Efficacy of a Serious Game to Deliver Health Education About Invasive Meningococcal Disease: clustered randomized controlled equivalence trial. Jmir Serious Games, \[S.L.], v. 13, n. 0, p. 60755-0, 11 fev. 2025. JMIR Publications Inc.. <http://dx.doi.org/10.2196/60755>. Disponível em: <https://games.jmir.org/2025/1/e60755>. Acesso em: 10 nov. 2025.

[13] MAUREEN LEMING. The Impact of Enjoyment on Learning Retention. The Hun School Of Princeton, 176 Edgerstoune Road Princeton, Nj 08540. 2025. Disponível em: <https://www.hunschool.org/resources/the-impact-of-enjoyment-on-learning-retention>. Acesso em: 04 nov. 2025.

[14] MAXIM, Raluca Ionela; ARNEDO-MORENO, Joan. Identifying Key Principles and Commonalities in Digital Serious Game Design Frameworks: scoping review. Jmir Serious Games, \[S.L.], v. 13, p. 54075, 5 mar. 2025. JMIR Publications Inc.. <http://dx.doi.org/10.2196/54075>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11923477/>. Acesso em: 08 nov. 2025.

[15] OLIVEIRA, Rháleff N. R. de et al. Pro-AvaliaJS: protocolo para planejamento e execução da avaliação da reação e aprendizagem de jogos sérios. Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (Sbie 2022), \[S.L.], p. 517-527, 16 nov. 2022.

[16] Sociedade Brasileira de Computação - SBC. <http://dx.doi.org/10.5753/sbie.2022.225189>.

[17] ONU. Organização das Nações Unidas. ONU lança Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável. 2017. Disponível em: <https://news.un.org/pt/audio/2017/12/1602572>. Publicado em: 06 dez. 2017.

[18] PRAVEEN, C. K.; SRINIVASAN, Kathiravan. Psychological Impact and Influence of Animation on Viewer's Visual Attention and Cognition: a systematic literature review, open challenges, and future research directions. Computational And Mathematical Methods In Medicine, \[S.L.], v. 2022, n. 0, p. 1-29, 31 ago. 2022. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1155/2022/8802542>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9453061/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

[19] SOUNDARYA JAYARAMAN. G2. 90+ Powerful Virtual Reality Statistics to Know in 2025. 2024. Disponível em: <https://www.g2.com/articles/virtual-reality-statistics>. Publicado em: 23 dez. 2024.

[20] MARIO RAMIC. Takeaway Reality. VR Training and VR Education Statistics 2025. Disponível em: <https://www.takeaway-reality.com/post/vr-training-and-vr-education-statistics-2024>. Acesso em: 07 nov. 2025.

[21] TECHNAVIO. Pr Newswire. Virtual Reality (VR) Market , 33% of Growth to Originate from North America, Technavio. 2025. Coordenada por PR Newswire. Disponível em: <https://www.prnewswire.com/news-releases/virtual-reality-vr-market--33-of-growth-to-originate-from-north-america-technavio-302345762.html>. Publicado em: 09 jan. 2025.

[22] WIKIPEDIA. Agile software development. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Agile_software_development. Acesso em: 06 nov. 2025.

[23] XIUYU LIN. Frontiers In Psychology. Design strategies for VR science and education games from an embodied cognition perspective: a literature-based meta-analysis: a literature-based meta-analysis. Frontiers In Psychology, \[S.L.], v. 14, n. 0, p. 0-0, 8 jan. 2024. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1292110>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10801899/>. Acesso em: 07 nov. 2025