



“Coleta Seletiva Mobile”: um jogo educativo em realidade virtual para Educação Ambiental.

Andromeda M. Campos¹, Danieli S. Oliveira¹, Marlon Padovani¹, Victor Tragnago¹, Caio P. Mariano¹

¹Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes
Rod. Gov. José Henrique Sette, 184 - Itacibá, 29150-410 – Cariacica – ES – Brasil

{andromeda, danieli}@ifes.edu.br,
marlon.padovani@estudante.ifes.edu.br, victortragnago@gmail.com,
caiopmariano@gmail.com

Abstract. *This paper presents the development and validation of an educational game in virtual reality (VR) called "Selective Mobile Collect," with the aim of raising awareness and teaching the practice of selective waste collection to the academic community and the surrounding community of the campus. The game was developed for mobile devices using the Unity game engine, and the 3D models of waste, trash cans, and environments were created in the Blender software. The research methodology is based on the ideation and development of educational games using virtual reality technology, and the approach had both quantitative and qualitative aspects. The project's management and development methodology were fundamentally agile. The game was validated by the academic community and the surrounding community, with 97.5% of respondents stating that the game is aligned with the learning objectives for which it was developed. 55% affirmed that the software helped them fully understand the concepts related to selective waste collection addressed in the game, and 30% stated that this objective was largely achieved.*

Resumo. *O presente artigo apresenta o desenvolvimento e validação de um jogo educativo em realidade virtual (RV), denominado "Coleta Seletiva Mobile", com o objetivo de conscientizar e ensinar a prática da coleta seletiva à comunidade acadêmica e à comunidade do entorno do campus. O jogo foi desenvolvido para dispositivos móveis, utilizando o motor gráfico Unity e os modelos 3D dos resíduos, lixeiras e cenários foram feitos no software Blender. A metodologia da pesquisa se fundamenta na idealização e desenvolvimento de jogos educacionais, produzido por meio de recursos tecnológicos da realidade virtual, e a abordagem teve um perfil quantitativo e qualitativo. A metodologia de gestão e desenvolvimento do projeto fundamentalmente ágil. O jogo foi validado pela comunidade acadêmica e do entorno, e 97,5% dos respondentes afirmaram que o jogo está alinhado com o objetivo da aprendizagem do conteúdo para o qual foi desenvolvido; 55% afirmaram que o software ajudou a entender completamente os conceitos relacionados à coleta seletiva tratados no jogo, e 30% afirmaram que esse objetivo foi atingido em grande parte.*

1. Introdução

De acordo com o Panorama Abrelpe (ABRELPE, 2022), a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil durante o ano de 2022, alcançou um total de aproximadamente 81,8 milhões de toneladas, o que corresponde a 224 mil toneladas diárias, de forma que cada brasileiro produziu, em média, 1,043 kg de resíduos por dia. Já com relação à coleta de RSU, em 2022 o país registrou um total de 76,1 milhões de toneladas coletadas, levando a uma cobertura de coleta de 93%.

De acordo com estimativas da Associação Internacional de Resíduos Sólidos (ISWA, 2022), o custo de não se preocupar com a gestão de resíduos sólidos, é de 3 a 5 vezes maior do que para investir nas soluções para resolver o problema de maneira adequada. A destinação não adequada de resíduos sólidos urbanos, que são depositados em lixões e aterros controlados, influenciam diretamente nas condições ambientais, por serem fontes de poluição da água, solo, flora, fauna e de emissões de CO₂.

Além disso, causam impactos diretos na saúde da população do entorno, até um raio de abrangência que pode chegar a 60 km. Estima-se que, em virtude da existência de lixões e aterros controlados, entre 2016 e 2021, o gasto total da saúde no Brasil para tratar dos problemas causados em decorrência da destinação inadequada de resíduos foi de 1,85 bilhão de dólares. (ABRELPE, 2022)

O Panorama Abrelpe (2022), afirma ainda, que no ano de 2022, mesmo com a adesão de mais Programas de Logística Reversa, a disposição final em aterros sanitários alcançou 61%, configurando-se como uma fonte permanente de poluição e degradação ambiental, com consideráveis impactos na saúde da população. Para corroborar com isso o relatório do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022), afirmou que a taxa de recuperação de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à quantidade total, resíduo domiciliar mais resíduo urbano, coletada, em 2020, foi de 2,1%, apenas.

O cenário brasileiro, descrito acima, não tem uma única causa. Pode-se considerar, dentre elas, a falta de conscientização e de educação ambiental de grande parte da população, que é o foco deste artigo. Com o intuito de reduzir este *gap*, em 1999, tornou-se lei no Brasil a inserção da educação ambiental na grade curricular das instituições de ensino públicas e particulares, conforme a Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999. A educação ambiental foi definida na Primeira Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental como “um processo permanente, no qual os indivíduos e a comunidade tomam consciência do meio ambiente e adquirem os conhecimentos, os valores, as habilidades, as experiências e a determinação que os tornam aptos a agir individual e coletivamente para resolver problemas ambientais presentes e futuros” (DIAS, 1992, p. 92). A inclusão da Educação Ambiental nos currículos das instituições tem como objetivo primordial formar cidadãos conscientes em relação ao ambiente em que vivem, capacitando-os a enfrentar os desafios ambientais atuais e futuros.

Ao mesmo tempo, diante dos grandes avanços científicos e tecnológicos, novas exigências recaem sobre professores e educadores, que necessitam estar em constante busca de atualizações, produção e gestão do conhecimento, assim como o desenvolvimento de diferentes formas de se comunicar, de ensinar e criar melhores

condições para a aprendizagem dos estudantes (PIMENTEL, 2019). Assim, o advento das tecnologias digitais mudou o cenário educacional, no que diz respeito à ampliação das diversas possibilidades e maneiras de ensinar e aprender.

A Realidade Virtual (RV) pode ser considerada a partir da combinação de quatro elementos fundamentais para a experiência em um mundo virtual: a imersão, o feedback sensorial e a interatividade. Os autores (SHERMAN e CRAIG, 2003), afirmam que a RV é um meio composto por simulações computacionais interativas que detectam a posição e as ações do participante e substituem ou aumentam o retorno de um ou mais sentidos, dando a sensação de estar mentalmente imerso ou presente em um mundo virtual.

Além de poder aumentar a motivação para o aprendizado, a utilização da RV no ensino, conforme comprovado por Johnsen et al. (2007), permite que este seja efetivo e estimula a transferência do conhecimento adquirido. Outras vantagens são o maior engajamento e interatividade do aluno com o assunto a ser estudado, o conhecimento construído de forma colaborativa e contextualizada, além do estímulo à prática reflexiva (BAILENSEN et al., 2008).

Para que isso seja possível, o ambiente de realidade virtual não deve se limitar a ser apenas um ambiente com o qual o aprendiz interagirá, é necessário considerar também os conceitos relacionados à aprendizagem por intermédio de jogos. Assim, o jogador adquire conhecimento à medida que interage com o jogo, por meio dos conteúdos que estão sendo tratados e, também, das atividades apresentadas, sendo estimulado na resolução de desafios.

Para Nakashima, Sato e Maruyama (2017) e Zakaria et al. (2020), o uso de um sistema de pontuação e ranqueamento auxilia no processo de ensino e aprendizagem, de maneira que os usuários ficam entusiasmados e motivados, gerando uma mudança de comportamento e, assim, tornando o aprendizado mais prazeroso para o usuário. Esses autores acreditam que a gamificação da aprendizagem possibilita o despertar da criatividade e da intuição, estimulando os alunos a aprenderem determinado tema de forma atraente e eficaz.

A soma das potencialidades dessas ferramentas metodológicas e tecnológicas, atreladas à importância do conteúdo relacionado à educação ambiental, levou os pesquisadores envolvidos nesse trabalho, a lançarem mão de um projeto que tem como objetivo a idealização e a modelagem de um jogo educacional em realidade virtual, para celular, com o intuito auxiliar na aprendizagem da educação ambiental, particularmente na coleta seletiva. Nesse sentido, este artigo tem por objetivo descrever o desenvolvimento do jogo em realidade virtual, denominado “Coleta Seletiva Mobile” e os resultados obtidos na fase de validação.

2. Jogos Educativos Digitais

Quando desenvolvidos para serem utilizados com finalidade educacional, os jogos digitais podem receber diferentes nomenclaturas. As mais comuns são jogos educacionais ou educativos, jogos de aprendizagem ou jogos sérios (serious games), sendo que alguns tipos de simuladores também podem ser considerados jogos educacionais..

Existem diversas maneiras de criar situações específicas para impulsionar a educação, e uma dessas formas envolve a utilização de jogos com propósito educativo. Os jogos educativos são aqueles que têm um propósito de ensino bem claro e podem ser incorporados ou ajustados para aprimorar, respaldar ou estimular os procedimentos de aprendizado dentro de um ambiente de ensino formal ou informal. Dondi e Moretti

(2007) acreditam que os jogos seguem regras e oferecem entretenimento, sendo necessário que, assim como qualquer outra ferramenta de ensino, possuam objetivos definidos, consistência nas estratégias empregadas e auxiliem na conquista dos objetivos de aprendizagem.

Devido ao crescente avanço tecnológico e a presença dos dispositivos móveis sendo cada vez mais usado por todos, a integração de jogos digitais à educação emerge como uma abordagem cativante e envolvente para o processo de ensino-aprendizagem. Nessa perspectiva, os jogos digitais têm sido empregados como um suporte dentro da sala de aula, visando atrair a atenção dos estudantes, proporcionando tanto aprendizado quanto diversão (BORGES JÚNIOR, 2020).

Durante a utilização de jogos digitais na Educação o aluno-jogador é o sujeito ativo do processo de aprendizagem, é ele que determina o ritmo de aprendizagem e sua aprendizagem ocorre como resultado das interações que ele faz com o contexto do problema para construir significados que os auxiliam a resolver o problema. Com jogos digitais o aluno desenvolve potencialidades como: comparar, analisar, nomeia, mede, associa, calcula, classifica, compõe, conceitua e cria. (VICTAL et al., 2015)

Para Savi e Ulbricht (2008), os Jogos Digitais Educacionais podem trazer alguns benefícios ao processo de ensino-aprendizagem, são eles: efeito motivador, facilitador do aprendizado, desenvolvimento de habilidades cognitivas, aprendizado por descoberta, experiência de novas identidades, socialização, coordenação motora e comportamento expert. Contribuindo ainda com o exposto acima, Vygotsky (2003) afirma que a promoção do raciocínio lógico está articulado à relação dos jogos com a ampliação da zona de desenvolvimento proximal do aluno (aprendente), já que seu uso traz benefícios sociais, cognitivos e afetivos, além de trabalhar questões importantes como a imaginação/criação, a ludicidade, a imitação e o respeito às regras.

Finalmente, a utilização dos jogos digitais na esfera educacional consiste em incentivar a criação de aulas com um caráter mais dinâmico e envolvente, capazes de estimular indivíduos durante as aulas. No entanto, para que atinjam resultados satisfatórios, é fundamental definir regras bem estruturadas e formas de participação, além de estabelecer um planejamento educacional bem estruturado.

3. Contexto da Pesquisa

O artigo apresentado é resultado de estudos realizados por dois Planos de Trabalho que se complementam, são eles: “Implementação de um Jogo Educativo Acessível, para celular, utilizando Realidade Virtual, para o ensino-aprendizagem em sustentabilidade.” e “Modelagem de um jogo educacional em realidade virtual, acessível, para celular, e de um jogo de tabuleiro para PC, para o ensino-aprendizagem em sustentabilidade.”.

Ambos estão inseridos no contexto de um projeto pesquisa desenvolvido pelo grupo de pesquisa do qual os autores fazem parte, intitulado “Utilização de Jogos para aprendizagem ativa no ensino-aprendizagem da sustentabilidade”, proposto que tem por objetivo a idealização e a modelagem de jogos acessíveis, em realidade virtual para celular e em tabuleiro para PC, para o ensino e aprendizagem da temática

sustentabilidade, considerando o tripé da sustentabilidade, de maneira atrativa, acessível, eficiente e colaborativa.

O projeto em questão tem como plano de fundo um campus de uma instituição pública de ensino federal, e tem o intuito de torná-lo mais responsável ambientalmente, tendo em vista a situação do planeta e também os escassos recursos para manutenção de sua sede.

4. Metodologia de Desenvolvimento do “Coleta Seletiva Mobile”

O Coleta Seletiva Mobile é a adaptação para dispositivos móveis do antecessor, Descarte. Sua finalidade é trazer parte da experiência pensada no jogo anterior, acrescentando maior quantidade de conteúdo e funcionalidades, e atender a um público mais amplo.

Para gerir o desenvolvimento do jogo, foi utilizada a metodologia ágil Scrum. Essa metodologia foi escolhida, pelas características fundamentais: a transparência, a capacidade de inspeção e a possibilidade de constante adaptação. O Scrum visa simplificar a gestão do projeto, a partir de um processo iterativo e incremental através do qual são feitas diversas entregas de versões funcionais durante o projeto, o que permite a constante inspeção do produto e evita desvios indesejados (SCHWABER, 2001).

Para o desenvolvimento do software, foi utilizada uma metodologia incremental, que engloba as etapas de planejamento da iteração, desenvolvimento e testes, conforme apresenta a Figura 1, a seguir.

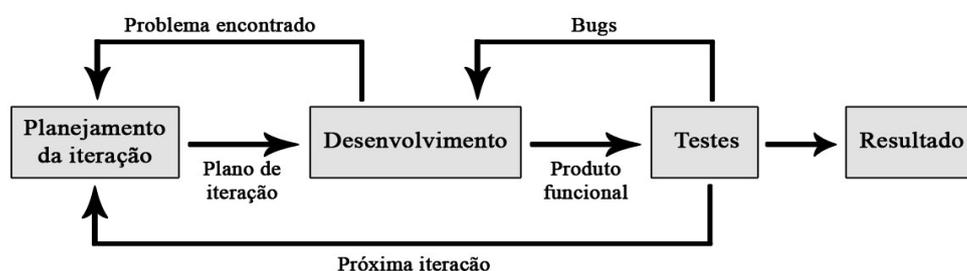


Figura 1: Metodologia de desenvolvimento (FRADE, ALIXANDRE e SOUZA, 2015)

As iterações planejadas para o desenvolvimento deste jogo foram: I – Modelagem dos ambientes e seus componentes estáticos; II – Definição das interações do usuário com o ambiente; III – Modelagem dos objetos de interação do ambiente; IV – Implementação dos *scripts* de controle; e V – Incorporação do conteúdo de coleta seletiva ao ambiente do jogo.

4.1. Elementos de Design

Os elementos de design de jogos podem incluir colaboração, papéis, objetivos, desafios, exploração, narrativa, complexidade, competição, estratégia, comunicação, *feedback*, realidade aumentada, controle, interatividade, realismo, regras, estruturas, curiosidade, expressão, envolvimento e recompensas (JAFARI; ABDOLLAHZADE, 2019).

Para o “Coleta Seletiva Mobile”, foram utilizados os seguintes elementos de design:

- Papéis: Para esta versão foi desenvolvido apenas o papel de aluno/servidor, que têm a mesma necessidade de aprendizagem em função do espaço de interação dentro da instituição. Mais um papel estão previstos no contexto institucional:

funcionário terceirizado, que terá ambientes similares, porém com funções de descarte em outros tipos de lixeiras e a inclusão de outros ambientes para descarte.

- Objetivos: Alcançar a maior pontuação possível ao descartar os resíduos na lixeira de coleta seletiva correspondente, ganhando pontos para descartes corretos e perdendo pontos para descartes incorretos.
- Tutorial: Ao abrir o jogo ou ao selecionar o tutorial, o jogador será levado para uma sala apresentando todos os elementos que ele encontrará em uma partida, lixeiras e resíduos. Cada um destes elementos conterá uma breve descrição de como funcionam dentro do jogo e como o jogador poderá interagir com eles, conforme mostrado na Figura 2.



Figura 2: Menu Principal - Contém o tutorial completo para a utilização do jogo.

- Exploração: O jogador tem a possibilidade de explorar locais diferentes que contemplam o espaço simulado da instituição de ensino: cantina, salas de aula, banheiros. Em cada ambiente, resíduos diferentes podem ser encontrados. Alguns ambientes estão demonstrados nas Figuras 3, 4 e 5, a seguir.



Figura 3: Ambiente da Cantina



Figura 4: Ambiente do Corredor

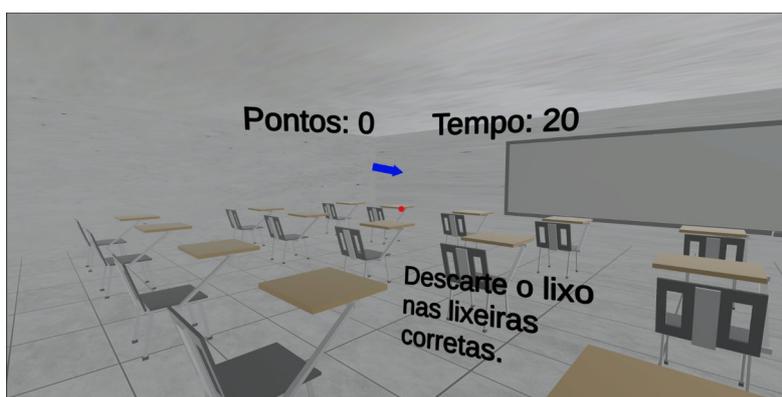


Figura 5: Ambiente de Sala de Aula

- **Competição:** Atribui pontos aos jogadores a cada ação correta que eles realizam, incentivando-os a coletar o lixo corretamente e descartá-lo nos locais apropriados.
- **Comunicação:** Informa aos jogadores sobre a importância da coleta seletiva. Além disso mostra os tipos de resíduos e em quais cores de lixeiras devem ser descartados. Para isso, há uma etiqueta com a identificação em cada lixeira.
- **Controle:** Permite ao jogador que tenha acesso ao seu progresso ao longo do jogo, para que ele possa acompanhar e melhorar suas habilidades ao longo do tempo.
- **Interatividade:** O jogador interage com o ambiente ao coletar o resíduo e descartá-lo, pode também acessar outros ambientes, e caso descarte de forma errada, pode repetir a tentativa.
- **Realismo:** O ambiente do jogo leva em consideração a característica de imersão da RV, para tanto, os espaços por onde os jogadores transitam fazem parte do ambiente institucional simulado.
- **Regras:** As regras do jogo estão bem definidas e são apresentadas aos jogadores, que podem consultá-la durante a sua missão, conforme Figura 3. Fornece instruções claras e precisas aos jogadores sobre o que é esperado deles em relação à coleta seletiva, bem como as consequências de suas ações. O jogador

tem três minutos para descartar os objetos que estão espalhados pelo cenário. O jogador ganha um ponto caso descarte corretamente e perde um ponto caso descarte incorretamente. É possível ao jogador ter pontuação negativa. Ao descartar todos os resíduos a partida acaba e a cada 10 segundos restantes em seu contador somam 1 ponto extra no resultado final. Caso o tempo acabe antes do jogador ter finalizado a coleta, ele recebe apenas os pontos que conseguiu com os descartes.

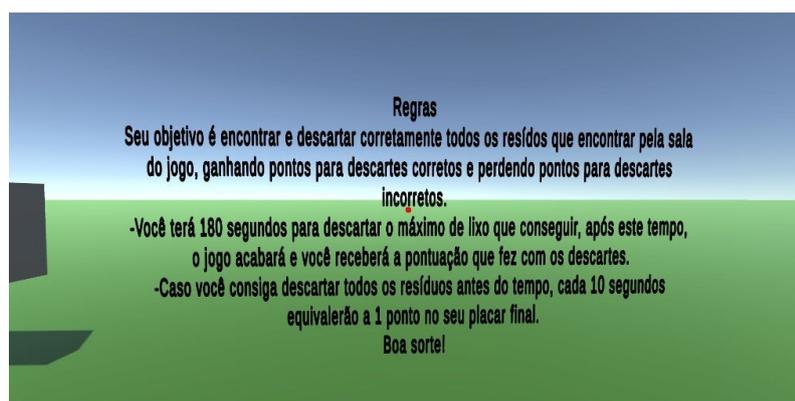


Figura 6: Regras do Jogo descritas no Menu Principal

- **Feedback:** Para o desenvolvimento deste elemento considerou-se que um jogo educativo deve fornecer *feedback* imediato sobre o desempenho do jogador, de forma a ajudá-lo a entender suas ações e a aprender com seus erros. Além disso, os autores preocuparam-se em produzir um *feedback* imersivo, de forma que o jogo pudesse incorporar elementos visuais, auditivos e táteis, proporcionando uma sensação mais realista de presença no ambiente virtual. De forma geral, é importante fornecer informações claras e imediatas aos jogadores sobre o que eles estão fazendo, corretamente ou incorretamente, em relação à coleta seletiva. Portanto, os seguintes *feedbacks* estão contemplados neste jogo: elementos visuais (ícones e cores), para indicar aos jogadores quando eles estão realizando uma ação correta ou incorreta; e o jogo explica que a lixeira em questão é destinada a determinado tipo de resíduo e que o resíduo dela deve ser descartado em local específico para tal fim.



Figura 7: Feedback visual e sonoro quando o resíduo é descartado adequadamente.

4.2. Ferramentas de Desenvolvimento

Para o desenvolvimento e validação do jogo foram necessários:

- Computador intermediário.
- Conhecimentos de Game design, Modelagem 3D e Programação.
- Game Engine: motor gráfico da Unity, amplamente utilizado no desenvolvimento de jogos e ferramenta de domínio dos desenvolvedores deste jogo. Além disso, foi utilizado o pacote de desenvolvimento do Google Cardboard para a produção do jogo. A google disponibiliza um pacote, contendo um conjunto de códigos (algoritmos) e configurações para a Unity, com o objetivo de facilitar o desenvolvimento de jogos em realidade virtual para celulares Android.
- Software de modelagem: os elementos 3D, utilizados no jogo, foram modelados no Blender, também amplamente utilizado no desenvolvimento de jogos e ferramenta de domínio dos desenvolvedores deste jogo.
- Celular Compatível com Realidade Virtual: o dispositivo celular é o responsável pelos *inputs* e *outputs*, servindo para executar o jogo. Além disso, seus sensores são utilizados para rastrear a posição da cabeça do jogador e exibi-lo em sua tela.
- Óculos de Realidade Virtual: responsável por, de fato, atribuir ao aparelho celular a função de console de realidade virtual.
- Controle Bluetooth: Responsável pelos inputs que o celular sozinho não teria a capacidade de oferecer.

5. Validação: Análise e Resultados

A validação do jogo foi realizada em dois eventos, um regional com o intuito de realizar a validação com a comunidade externa e um institucional com o objetivo de validar o jogo com a comunidade acadêmica (servidores estudantes).

5.1. Análise e Resultados da Validação no Evento: Espírito Santo Innovation Experience (ESX)

Primeiramente a validação foi realizada com a comunidade externa, no dia 04 de Junho de 2023, contemplando pessoas com perfis bastante variados. O ESX é um evento de tecnologia e inovação do Espírito Santo, e contou com a participação de startups e instituições capixabas que realizam ações e pesquisas voltadas para a inovação. Foi desenvolvido um formulário no Google Forms, que contemplou um perfil mais genérico. Foram 43 respondentes com idades que variaram entre 05 e 51 anos. A participação na pesquisa foi opcional, bem como a resposta ao formulário. Estas pessoas responderam questões relacionadas com o conhecimento sobre coleta seletiva e sua prática efetiva, além de questões relativas ao funcionamento e ao alcance do objetivo do jogo.

Um dado importante é de que 67,4% das pessoas já tinham algum conhecimento sobre o assunto anteriormente ao uso do jogo, porém, dentre essas, 53,5% não praticam a coleta seletiva. Além disso, 60,5% dos respondentes consideraram o jogo educativo e divertido, e que a realidade virtual proporcionou uma experiência imersiva e ajudou a entender melhor a importância da coleta seletiva. Já 32,6% gostaram do jogo e afirmaram que a abordagem educativa e a forma como o jogo apresenta os conceitos da coleta seletiva são interessantes, e ainda consideraram uma experiência envolvente e interativa. Os autores receberam *feedback* quanto à necessidade de melhorias em relação ao tamanho dos objetos, detalhes do ambiente e inserção de resíduos mais complexos,

bem como inserção de lixeira de não-recicláveis.

Através de observação das respostas ao formulário, bem como da pontuação atingida no jogo, idade do jogador e desempenho e comportamento durante a utilização do jogo, os pesquisadores descreveram algumas afirmações: as crianças e adolescentes obtiveram a maior pontuação, exploraram a maioria dos ambientes e utilizaram o jogo com destreza; as crianças de 5 a 10 anos fizeram de 5 a 10 pontos, apenas, devido à demora em se adaptar ao controle e ambiente do jogo, porém com a maioria dos descartes corretos; já os de 12 a 16 anos fizeram 10 ou mais pontos, demonstrando tanto conhecimento do conteúdo quanto facilidade em utilizar o ambiente do jogo e seus controles; adultos que não tinham intimidade com games e controles não exploraram o jogo e seus diversos ambientes, atingiram baixa pontuação, chegando a zerar ou a ter pontuação negativa, mesmo os que conheciam o conteúdo previamente; finalmente, a maioria dos adultos que tinham contato com games tiveram maior facilidade de uso do jogo, exploraram os ambientes do jogo, porém fizeram no máximo 5 pontos por não conhecerem conceitos de coleta seletiva. Além disso, a maioria das pessoas não recorreu ao Menu, que contém as regras e orientação de uso dos controles.

5.2. Análise e Resultados da Validação no Evento: Semana de Educação para a Vida (SEVida)

Para a realização da validação pela comunidade interna, os alunos deste projeto em conjunto com a orientadora, estiveram presentes na SEVida, nos dias 06 e 07 de Junho, em uma sala específica para este fim. A SEVida é um evento realizado pelo campus do qual os autores fazem parte, que tem como público-alvo os discentes dos cursos técnicos e traz temas associados à formação cidadã dos estudantes. A versão de 2023, que aconteceu de 05 a 07 de Junho de 2023, tratou da temática Sustentabilidade, envolvendo o seu tripé: Ambiental, Econômico e Social.

Foram 40 respondentes com idades que variaram entre 13 e 54 anos, dentre eles servidores do campus (professores e técnicos administrativos), alunos da instituição (ensino médio/técnico e superior) e estudantes da comunidade do entorno (ensino fundamental). A participação na pesquisa foi opcional, bem como a resposta ao formulário. Essas pessoas responderam questões relacionadas ao conhecimento sobre coleta seletiva e sua prática efetiva, questões relativas ao funcionamento, qualidade e ao alcance do objetivo do jogo. Aos professores, especificamente, foi solicitado que tecessem comentários à respeito dos elementos educacionais, e para isso foi designado um campo específico.

A maioria absoluta, 95% das pessoas que responderam o formulário, afirmou ter conhecimento prévio sobre a coleta seletiva, porém 75% ainda não realiza a coleta seletiva efetivamente. Quando perguntados pelo motivo que os leva a não realizar a coleta seletiva, a resposta foi pelo motivo de não ter o hábito e/ou por não encontrar as lixeiras adequadas para tal, quando necessita.

Quanto à Qualidade do Conteúdo e Motivação: 90% dos respondentes consideraram o jogo motivador e interessante. Quanto ao objetivo da aprendizagem: 97,5% dos respondentes afirmaram que o jogo está alinhado com o objetivo da aprendizagem do conteúdo para o qual foi desenvolvido; 55% afirmaram que o software ajudou a entender completamente os conceitos, relacionados à coleta seletiva, tratados no jogo, e 30% afirmaram que esse objetivo foi atingido em grande parte. Em relação à Adaptação e Jogabilidade, 77,5% dos participantes afirmaram que tiveram facilidade na utilização do jogo, porém muitas sugestões de melhorias estavam voltadas para a jogabilidade. Quanto à clareza dos objetivos do jogo, 97,5% afirmaram estarem satisfeitos neste quesito. Ao serem questionados sobre Feedback, 97,5% afirmaram que

o software forneceu *feedback* adequado e útil sobre suas ações e progresso. Para o quesito Apresentação, 90% julgaram adequada para o contexto. E finalmente, para o quesito Imersão, 32,5% sugeriram melhorias no ambiente para que a sensação de imersão seja melhor contemplada.

Os autores receberam *feedback* quanto à necessidade de melhorias em relação ao tamanho dos objetos, e detalhes do ambiente como: melhoria da qualidade da imagem, inserção de fases, melhoria das texturas de alguns objetos para facilitar a identificação, identificação dos demais ambientes, aumentar a variedade e o número de objetos para coletar, opção de possibilitar a limpeza de resíduos que estão sujos, aumento da mobilidade do *player* e inserção das cores da escola no ambiente.

6. Conclusões

Este artigo teve por objetivo descrever o desenvolvimento do jogo em realidade virtual, denominado “Coleta Seletiva Mobile” e os resultados obtidos na fase de validação. Conclui-se, portanto, que o trabalho aqui descrito atingiu seus objetivos.

A partir dos resultados obtidos, constatou-se a necessidade de melhoria do jogo, especialmente no que se refere aos detalhes visuais do ambiente e à jogabilidade. De forma geral o jogo foi positivamente aceito pelas comunidades que participaram do experimento e principalmente, foi considerado adequado ao uso. Quanto aos elementos educacionais, os professores que participaram do experimento consideraram o jogo adequado, didático, de fácil utilização e que atende o conceito de jogos educacionais gamificados, motivando os estudantes ao aprendizado e construção do conhecimento. Relataram que necessita de ajustes para que o ambiente reflita com maior precisão o ambiente da instituição e que se torne mais ágil.

Cabe relatar, ainda, que um outro grupo de alunos da instituição, desenvolveu uma proposta para a Coleta Seletiva no Campus, e que esta será enviada para avaliação pelo Núcleo de Educação Ambiental da Instituição, e caso aprovada, será implementada. Espera-se com isso que o Coleta Seletiva Mobile seja utilizado dentro deste projeto, com o intuito de capacitar as pessoas, bem como conscientizar e educar a comunidade acadêmica para a coleta seletiva ser eficaz no campus. Além disso, o campus tem um programa chamado Portas Abertas, que traz escolas da comunidade para conhecerem a instituição. Nesse contexto, já foi iniciado um trabalho, no qual alunos da comunidade do entorno têm acesso ao Coleta Seletiva Mobile, bem como a outros jogos, e vivenciam a experiência da realidade virtual, no contexto da sustentabilidade.

Para colocar em prática a utilização do jogo de forma mais ampla, na instituição, as melhorias sugeridas pelos participantes da validação serão consideradas e desenvolvidas, tornando o software adequado, em sua totalidade, ao que se propõe.

Todavia, conclui-se que jogos em realidade virtual para o ensino-aprendizagem de Coleta Seletiva, dentre outros conteúdos relacionados à sustentabilidade, são ferramentas de grande potencial desde aplicados dentro de um contexto mais amplo. Para que a aprendizagem de coleta seletiva e sua aplicação sejam efetivos, o esforço coletivo é necessário. Entende-se que a partir do momento que as pessoas se conscientizam sobre a importância da sustentabilidade e começam a praticar hábitos sustentáveis, todos ganham, seja a comunidade acadêmica, a comunidade do entorno e tudo que os rodeia. A base do começo de toda mudança de hábitos é a educação, que parte da sensibilização e conscientização dos envolvidos na comunidade pelo assunto em questão, até chegar à verdadeira transformação.

Referências

- ABRELPE. (2022). “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2022”. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 10 Jul de 2023.
- Bailenson, J. N.; YEE, N.; Blascovich, J.; Beall, A. C.; Lundblad, N., & Jin, M. (2008). “The Use of Immersive Virtual Reality in the Learning Sciences: Digital Transformations of Teachers, Students, and Social Context”. *The Journal of The Learning Sciences*, vol. 17, p. 102-141.
- Borges Júnior, J. (2020). *Jogos Digitais Educacionais: Uma Revisão Sistemática da Literatura* [manuscrito].
- Dias, D.A.; Zorzal, E.R. (2013). “Desenvolvimento de um jogo sério com realidade aumentada para apoiar a educação ambiental.” In: *WORKSHOP ON VIRTUAL, AUGMENTED REALITY AND GAMES*, São Paulo.
- Dondi, C., Moretti, M. (2007). A methodological proposal for learning games selection and quality assessment. *British Journal of Educational Technology*38, 502- 512.
- Frade B., Alixandre B., Sousa, P. (2016). “Desenvolvimento de um jogo Sério com Uso de Realidade Virtual Aplicado ao Ensino da Matemática.” *SBC – Proceedings of SBGames 2015* | ISSN: 2179-2259
- ISWA. (2022). “International Solid Waste Association.” Disponível em: <https://iswalac.org/>. Acesso em: 10 Jul de 2023.
- Jafari, S. e Abdollahzade, Z. (2019). Investigating the relationship between learning style and game type in the game-based learning environment. *Education and Information Technologies*. 24. 10.1007/s10639-019-09898-z.
- Johnsen, K.; Raij, A.; Stevens, A.; Lind, D. S.; Lok, B. (2007). “The validity of a virtual human experience for interpersonal skills education”. *Proc. SIGCHI Conf. on Human Factors in Computing Systems*, p. 1049-1058.
- Nakashima, R.; Sato, T.; Maruyama, T. (2017). “Gamification approach to smartphone-app-based mobility management”. *Transportation Research Procedia*, v. 25, p. 2344-2355. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.234>
- Pimentel, V. (2019). “Guia para o uso de Ferramentas Digitais na Educação”. Tese de Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica – ProfEPT – Instituto Federal Do Sudeste De Minas Gerais – Campus Rio Pomba.
- Savi, R.; Ulbricht, V. R. (2008). *Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios*. *RENOTE*Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 6, n. 1.
- Schawber K. (2001). “Agile Software Development with Scrum”. *ELT* Importado Pearson.
- Sherman, W. e Craig, A. (2003). “Understanding Virtual Reality: Interface, Application,

and Design. Burlington, EUA: Morgan Kaufmann.

SNIS. (2022). “Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos”. Disponível em: https://arquivos-snis.mdr.gov.br/DIAGNOSTICO_TEMATICO_INFRAESTRURA_PARA_OS_SERVICOS_RS_SNIS_2022.pdf. Acesso em: 10 Jul de 2023.

Victal, E., Pereira Junior, H., Rios, P. e Menezes, C. (2015). Aprendendo sobre o uso de Jogos Digitais na Educação. Anais do XXI Workshop de Informática na Escola.

Zakaria, N. S., Saripan, M. I., Subarimani, N., Ismail, A. (2020). “Assessing Ethoshunt as a Gamification-Based Mobile App in Ethics Education: Pilot Mixed-Methods Study”. JMIR serious games, 8(3), e18247.