

Project Bug: um VR-serious game para o processo de controle biológico de insetos

Project Bug: a VR-serious game for the biological control process of insects

Arthur W. F. de Jesus^{,¹ e Rafael Rieder^{,¹}}

¹Instituto de Tecnologia – Curso de Ciência da Computação

*183120@upf.br, rieder@upf.br

Abstract

This paper presents the development and preliminary evaluation of the game **Project Bug VR**, a serious Virtual Reality game for teaching entomology, which uses interaction techniques for 3D interfaces to simulate the process of biological control of insects between aphids and parasitoids. We developed this game inspired by the Survivor Horror style using resources from the Unity game engine, the XR Interaction Toolkit package, and Meta Quest 2. We executed a pilot study applying questionnaires to evaluate the system's usability (System Usability Scale), the user experience (User Experience Questionnaire), and the pre and post-game expectations, as well as to collect qualitative aspects of the game. Eight volunteer participants took part in the experiment. The evaluations were positive, highlighting the ease of use of the solution ($\bar{x}=6.12$), as well as aspects of originality ($\bar{x}=6.12$), interesting application ($\bar{x}=6.50$), efficient ($\bar{x}=5.62$) and exciting ($\bar{x}=5.87$) in the user experience. The average usability score reached 78.75, which indicates good acceptability of the solution and available resources. From the results, we can highlight that **Project Bug VR** has the potential to be an effective support tool for teaching entomology.

Keywords: Entomology ; Meta Quest 2 ; Serious Game ; Unity ; Virtual Reality;

Resumo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a avaliação preliminar do jogo **Project Bug VR**, um serious game de Realidade Virtual para o ensino da entomologia, que utiliza técnicas de interação para interfaces 3D para simular o processo de controle biológico de insetos entre afídeos e parasitoides. O projeto é inspirado no estilo Survivor Horror, e foi desenvolvido utilizando recursos da game engine Unity, do pacote XR Interaction Toolkit e do Meta Quest 2. Foi realizado um estudo piloto com a aplicação de questionários para avaliar a usabilidade do sistema (System Usability Scale), a experiência do usuário (User Experience Questionnaire), a expectativa pré- e pós-jogo, bem como coletar aspectos qualitativos do jogo. Oito participantes voluntários participaram do experimento. As avaliações foram positivas, destacando a facilidade de uso da solução ($\bar{x}=6,12$), além de aspectos de aplicação original ($\bar{x}=6,12$), interessante ($\bar{x}=6,50$), eficiente ($\bar{x}=5,62$) e excitante ($\bar{x}=5,87$) na experiência do usuário. Já a pontuação média de usabilidade alcançou o valor de 78,75, o que indica boa aceitabilidade da solução e dos recursos disponíveis. A partir dos resultados, pode-se destacar que o **Project Bug VR** tem potencial para ser uma ferramenta de apoio eficaz para o ensino da entomologia.

Palavras-Chave: Entomologia ; Meta Quest 2 ; Realidade Virtual ; Serious Game ; Unity.

1 Introdução

De acordo com [Abt \(1987\)](#), *serious games* (jogos sérios) são abordagens que podem ser usadas para instruir e informar pessoas, além de proporcionar prazer e entretenimento. No âmbito computacional, são aplicações que usam jogos eletrônicos e abordagens de simulação e/ou tecnologias relacionadas para, primariamente, explorarem propósitos de não entretenimento, para fins educacionais ou de treinamento ([da Rocha et al., 2015](#)). Nesse contexto, *serious games* vem ganhando destaque em pesquisas e desenvolvimentos em tópicos como saúde, estilos de vida, exercícios físicos, aprendizagem especializada para diversas áreas do conhecimento ([Botella et al., 2011](#)).

Conforme [McClarty et al. \(2012\)](#), devido ao salto em tecnologias que a humanidade sofreu e a facilidade ao acesso das mesmas ter crescido significativamente, a produção tanto de entretenimento como de ensino rápido e lúdico acabou desencadeando novas formas de se pensar e consumir esses tipos de conteúdo. A rápida inclusão de tecnologias mais sofisticadas causa mudanças na forma como realizamos o nosso trabalho, como empresas e nações se compreendem e se organizam digitalmente, e como o sistema educacional necessita estar preparado para gerações que utilizam aplicações interativas como games e Realidade Virtual no seu cotidiano.

Realidade Virtual (*Virtual Reality, VR*) pode ser definida como uma simulação computacional que pode ou não representar a vida real, e que proporciona uma experiência imersiva ao expectador ([Rodrigues et al., 2013](#)). Ela pode ser usada por meio de aparatos como óculos ou capacetes que permitem a visualização de cenários em 360° ou ambientes virtuais tridimensionais. Esses equipamentos podem ter fones de ouvido e controles associados, que permitem ao usuário interagir e ter seus sentidos estimulados durante o processo interativo ([Xavier et al., 2020](#)).

Com o objetivo de manter e chamar a atenção de crianças, jovens e até adultos, tecnologias como VR vêm ganhando destaque, pois elas são imersivas (inserem e fazem o usuário se sentir presente em um ambiente virtual), oferecem melhor percepção de profundidade em interface 3D (comparada a jogos 2D), exploram o realismo (por meio de metáforas ou rastreamento do movimentos naturais), e parecem mais naturais e intuitivas (devido à melhor percepção de profundidade e proximidade com as interações do mundo real) ([Fernes et al., 2023](#)).

Uma das áreas que pode se beneficiar com aplicações de VR é a agronomia, uma área multidisciplinar das ciências agrárias que se dedica ao estudo e ao manejo dos recursos naturais para a produção de alimentos, fibras, biocombustíveis e outros produtos de origem vegetal. De acordo com [Wang \(2021\)](#), pode-se usar tecnologias de VR para construir soluções de ensino ou experimentos de simulação virtual, as quais podem representar cenários de crescimento de culturas, padrões de crescimento e cenas ecológicas da vida real, como o controle biológico na área de entomologia¹.

O controle biológico é um fenômeno natural que basicamente consiste na regulação do número de plantas

e animais por inimigos naturais, ou seja, todas as espécies de plantas e animais possuem inimigos naturais que atacam seus vários estágios de vida ([Parra, 2002](#)). Para ilustrar, pode-se citar a relação entre espécies de afídeos (pulgões) e determinadas espécies de vespas (gênero *Aphidius*). Nesse contexto, as vespas são uma espécie de parasitoide que têm como seu hospedeiro os afídeos, insetos considerados pragas. Assim, vespas se tornam potenciais agentes de controle biológico para uma cultura (por exemplo, trigo) que frequentemente é atacada por afídeos.

Explorar essa temática, de forma lúdica, pode ser interessante tanto para auxiliar no ensino de entomologia, como para disseminar práticas de manejo, como a do Programa de Controle Biológico dos Pulgões de Trigo, da Embrapa Trigo ([Salvadori e Tonet, 2001](#)). De acordo com [Campo e Dangles \(2020\)](#), a escassez de pesquisas sobre games para alfabetização entomológica apresenta oportunidades para pesquisadores explorarem esse domínio.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento do **Project Bug VR**, um jogo sério de Realidade Virtual (*VR-serious game*) para o processo de controle biológico de insetos. O trabalho se concentra na criação de uma aplicação imersiva que permite ao usuário explorar e interagir, por meio dos recursos do Meta Quest, dois tipos de cenário: um onde ele atua como parasitoide, para controlar a proliferação de pragas e manter a cultura saudável; e outro onde ele atua como afídeo, com o objetivo de escapar de seus predadores e atacar a maior área possível de uma cultura.

Para tanto, o trabalho está organizado como segue: a **Seção 2** mostra trabalhos relacionados a respeito da temática do estudo; a **Seção 3** apresenta os materiais e métodos utilizados para concepção do **Project Bug VR**, detalhando recursos e funcionalidades do *VR-serious game* proposto; a **Seção 4** divulga os resultados obtidos com uma avaliação preliminar, e discute as vantagens e limitações do estudo; e a **Seção 5** apresenta as conclusões e os trabalhos futuros.

2 Trabalhos Relacionados

Nesta seção, são brevemente apresentados trabalhos relacionados que consideram o emprego de games e VR para o estudo de insetos ou de controle biológico de pragas na Biologia e na Agronomia.

[Clayborn e Delamarre \(2019\)](#) retratam a ideia de utilizar VR para o ensino de mudanças comportamentais voltas à preservação da biodiversidade e gestão ambiental. Para tanto, eles propõem uma abordagem de jogo chamada “Butterfly World 1.0”, um jogo de VR interativo que retrata uma floresta seca subtropical em Florida Keys (EUA). O jogo é no estilo aventura, e tem como principal objetivo envolver o jogador em pesquisas e simulações de educação, para ajudá-lo a desenvolver um pensamento crítico e racional sobre o meio ambiente. Para tanto, ele explora tarefas que incluem a identificação de borboletas e plantas e a remoção de uma espécie invasora de formigas. O jogador pode navegar pelo ambiente virtual imersivo e explorar livremente toda a floresta sem enxames de mosquitos e calor opressivo presentes no ambiente real.

Conforme os autores, o jogo pode ser uma maneira diferente de comunicar a conservação de borboletas e a administração ambiental. Pode também ser uma via de aqui-

¹Especialidade da biologia que estuda os insetos sob todos os seus aspectos e relações com o homem, as plantas, os animais e o meio ambiente.

sição direta de conhecimento e empatia passiva por meio de experiências virtuais. No entanto, o estudo não realiza nenhum tipo de avaliação com usuários do game proposto.

Yuliastrin et al. (2022) apresentam a pesquisa e desenvolvimento de um jogo para Android sobre o conceito de controle integrado de pragas, utilizando agentes biológicos, como predadores de pragas, e plantas refugiais, em vez de pesticidas. O jogo “Pelindung Dele” tem como objetivo ensinar, de forma lúdica e acessível, como é o cultivo do soja, exigindo que o jogador regue as plantas e, em seguida, as proteja de pragas, como a mosca-branca e a broca da vagem. Para proteger as plantas de soja contra os ataques dessas pragas, o jogo oferece dois agentes biológicos que os jogadores podem utilizar. Além disso, há a opção de utilizar pesticidas químicos, mas o uso deles aplica penalidades ao jogador reduzindo os pontos de saúde.

De acordo com o estudo, a proposta do jogo é motivar a criatividade dos alunos no aprendizado e, conseqüentemente, aprender sobre o controle integrado de pragas. Por meio de técnicas de teste como *blackbox* ou teste comportamental, foi possível identificar problemas e melhorias para o jogo. Quatro alunos de Biologia e um especialista participaram dos testes como aplicativo.

Helmburger et al. (2022) apresentam “Pest Quest”, um jogo de estratégia cooperativo para até quatro jogadores. A aplicação tem por objetivo difundir o conhecimento de entomologia sobre manejo integrado de pragas. Os jogadores cooperam para proteger uma fazenda de pragas de insetos, explorando e tomando decisões de tratamento sólidas. Ele simula três temporadas de cultivo de operação de uma fazenda e gerenciamento de suas pragas de insetos, e implementa um sistema de classes para cada jogador (*Scout, Applicator, Extension Agent, Farm Manager*), com uma mecânica voltada a turnos. Para cada temporada, os jogadores escolhem uma de três cultivares abstratas disponíveis, que diferem em seus rendimentos potenciais, a dependência dessas safras em polinizadores e sua suscetibilidade a pragas.

Os jogadores foram estudantes do curso de entomologia, e participaram de dois testes com o game: a primeira vez, com auxílio de um tutorial em vídeo, e a segunda, em sala de aula, com apoio do professor. De acordo com os autores, “Pest Quest” mostrou ser envolvente e acessível, com os alunos gostando do jogo e tendo a impressão de que ele os ajudou a aprender. No entanto, essa conclusão não foi capturada pelos instrumentos de avaliação.

Pasandideh Saqalaksari et al. (2024) retratam o estudo do jogo “EntomonVR”, um jogo interativo em VR, dentro do campo da entomologia, para apoio ao ensino de biologia, de forma lúdica e atrativa. A solução é apresentada como uma ferramenta que pode ser utilizada tanto para estudo, como para treinamento, seja por uma comunidade não especializada ou por especialistas. O Objetivo do jogo é fornecer ao usuário a anatomia externa dos insetos proporcionando uma representação visual baseada em conhecimentos pré-existentes.

O estudo ilustrou os impactos significativo que os avanços na tecnologia estão causando e continuarão a ter dentro da ciência de insetos. Existem planos para desenvolver outras funcionalidades para o “EntomonVR” em um laboratório virtual de insetos, apresentando assim uma gama mais ampla de espécies para estudos.

de la Vega et al. (2022) relatam a criação do jogo “Spotted-Stop-It”, com fins educacionais e de conscientização sobre os problemas causados por pragas e a importância das boas práticas, sob um visão agroecológica de minimização de danos. O jogo tem como principal foco o ensinamento do manejo integrado de pragas para a *Drosophila suzukii*, uma mosca que ataca framboesas e pequenos frutos, levando em conta a frequência da colheita, saneamento e manejo de hospedeiros alternativos.

Os autores apresentam uma pesquisa simples realizada para validar o intuito do jogo, durante uma feira de ciências agrárias. A aplicação ficou disponível para visitantes jogarem e avaliarem livremente. Embora a maioria dos participantes não sabia sobre a mosca antes de jogar, os mesmos conseguiram reconhecê-la entre outras moscas após contato com o jogo. Alguns jogadores responderam corretamente sobre o efeito da mosca nos frutos e sobre as práticas de manejo que devem ser aplicadas.

Com base nos trabalhos relacionados, pode-se dizer que o jogo proposto por esta pesquisa diferencia-se das demais abordagens, primeiramente, por ser um *VR-serious game*. Isto permite que o jogador explore, naturalmente, o ambiente 3D por meio de recursos de interação que tornam a experiência mais intuitiva. As abordagens correlatas utilizam VR, porém de forma limitada em dispositivos móveis. A proposta do **Project Bug VR** é propor ao usuário um ambiente virtual imersivo, em primeira pessoa, que simula uma plantação do ponto de vista de insetos, como forma de ilustrar o processo de controle biológico. Nesse contexto, o jogador pode visualizar e interagir com a aplicação por meio de *head-mounted displays* e controles de VR, executando as tarefas lúdicas implementadas

3 Materiais e Métodos

Esta seção apresenta os recursos empregados para o desenvolvimento e a avaliação de um protótipo que utiliza técnicas de interação para interfaces 3D a fim de proporcionar uma experiência imersiva na vida de um afídeo ou parasitoide, no contexto do controle biológico de insetos. As subseções seguintes destacam as tecnologias para a criação do software proposto denominado **Project Bug VR**, e a definição do estudo piloto para validar a solução.

3.1 Ferramentas e dispositivos

Project Bug foi desenvolvido utilizando os recursos da game engine Unity (2022.3.44f1), uma plataforma de criação de jogos multiplataforma 2D/3D/VR/AR. Além das funcionalidades nativas, utilizou-se também as ferramentas XR Plugin Management (4.4.0), responsável por configurar e gerenciar os plugins do provedor XR dentro dos projetos Unity; e XR Interaction Toolkit (2.6.3), sistema de interação de alto nível, baseado em componentes, utilizado para criar experiências de VR e AR.

Esses componentes fornecem uma estrutura que torna as interações 2D e 3D a partir de eventos de entrada da Unity, além do recurso de Navmesh².

²NavMesh é uma estrutura de dados abstrata usada em aplicativos de inteligência artificial para ajudar os agentes a encontrar caminhos em

O jogo foi projetado para executar no dispositivo Meta Quest 2, um kit com *head-mounted display* (HMD) e controles de VR, desenvolvido pela Meta (Figura 1). Ele fornece ao usuário um equipamento vestível mais confortável, otimizada, de baixo custo e preparada para a imersão, em comparação com outros HMDs similares.



Figura 1: Meta Quest 2.

Para agilizar o desenvolvimento, utilizou-se um simulador de VR disponibilizado pelo XR Interaction Toolkit. O XR Device Simulator é um componente que manipula a entrada responsiva do mouse e do teclado do usuário, mapeados para acionar controles de VR e recursos do HMD sem ter, de fato, o equipamento vestível disponível.

3.2 Elementos fundamentais do jogo

Todo o projeto foi pensando e organizado, primariamente, a partir de um *Game Design Document* (GDD), que compõem todas as explicações de funcionamento/ mecânicas, protótipos e regras do jogo. Em sequência, cada uma das partes do game foram divididas em pequenas etapas para auxiliar no desenvolvimento e na visualização de todas as tarefas, além de conseguir documentar o tempo de execução para cada tarefa. A Figura 2 apresenta uma imagem que sintetiza o GDD criado.

Em virtude da GDD ser um documento extenso, o mesmo não foi adicionado a este estudo. Entretanto, ele pode ser acessado diretamente no [repositório do GitHub do projeto](#). Neste mesmo local, tem-se acesso às documentações adicionais e ao código-fonte do jogo.

3.3 Desenvolvimento do Project BUG

O *Project Bug* é um jogo em estilo “Survivor Horror”, que simula em pequenas partidas o funcionamento do controle



Figura 2: Game design canvas do projeto.

biológico entre afídeos e parasitoides. Na versão proposta, o *player* (usuário) pode selecionar uma das duas classes que o jogo oferece e, conseqüentemente, entender o funcionamento e as características. Além disso, pode vivenciar o ambiente de plantação simulado (conforme ilustra a Figura 3) e os papéis de interação proposto, do ponto de vista de cada uma das classes.

O objetivo do projeto é oferecer ao *player* uma experiência lúdica e competitiva, como forma de absorver, indiretamente, conhecimentos sobre entomologia e o controle biológico em culturas agrícolas. A Figura 4, a Figura 5 e a Figura 6 apresentam, respectivamente, o menu do game e os menus de seleção de classes (parasitoide e afídeo), contendo as informações e características de cada inseto.

Com o intuito de tornar a experiência mais atrativa e cativante aos *players*, o game tem uma proposta de desafios dentro da partida, de acordo com a classe selecionada. Se o *player* utilizar a classe de parasitoide, seu objetivo gira em torno de eliminar todos os afídeos e, no mapa, “salvar” as áreas cultivadas. Já o objetivo do afídeo é sobreviver no ambiente e destruir a plantação presente no mapa. Caso os afídeos consigam coletar três pequenas áreas cultivadas sem serem derrotados, o parasitoide perde o jogo e toda a plantação é destruída.

A movimentação do *player* e da câmera dentro da partida foi implementada através da utilização de *joysticks*. Todas as informações relativas aos controles podem ser visualizadas na Figura 7, onde o usuário tem o controle com o dedo da direção que seja ir.

Até o momento, existem apenas duas maneiras de interação do *player* dentro das partidas e uma maneira dentro dos menus. Durante a partida como parasitoide, o *player* tem a interação de ataque, ou seja, seu objetivo principal é eliminar todos os afídeos que estão andando pelo mapa tentando coletar a essência da vida das plantas, utilizando os controles para a movimentação, o *player* como parasitoide necessita chegar perto dos afídeos para eliminar o mesmo, caso os afídeos coletem todas as essências da vida das plantas o parasitoide perde a partida. A Figura 8 demonstra um exemplo de ação de um parasitoide caçando um afídeo.

Já nas partidas como afídeos, o *player* tem o objetivo de coletar todas as essências de vida das plantas enquanto utiliza os controles para realizar a movimentação. A interação com as essências é baseado apenas na movimentação, ou seja, o *player* necessita apenas passar por cima da mesma para coletar e, coletando três, tem o seu objetivo concluído. A Figura 9 demonstra um exemplo de ação dos afídeos dentro da partida.



Figura 3: Cenário virtual do Project Bug VR.



Figura 4: Menu inicial do Project Bug.

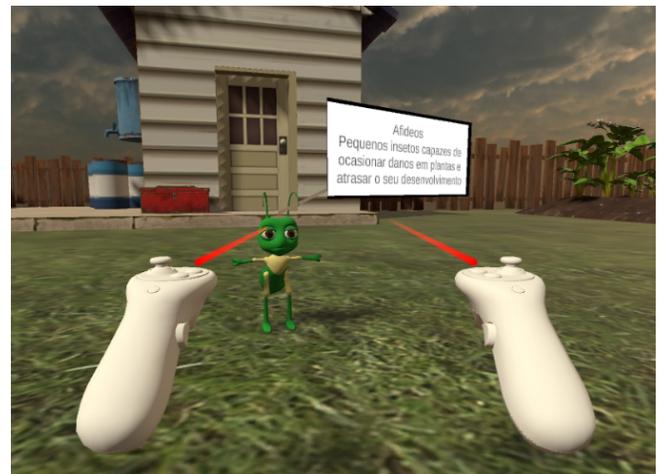


Figura 6: Menu de seleção afídeo.

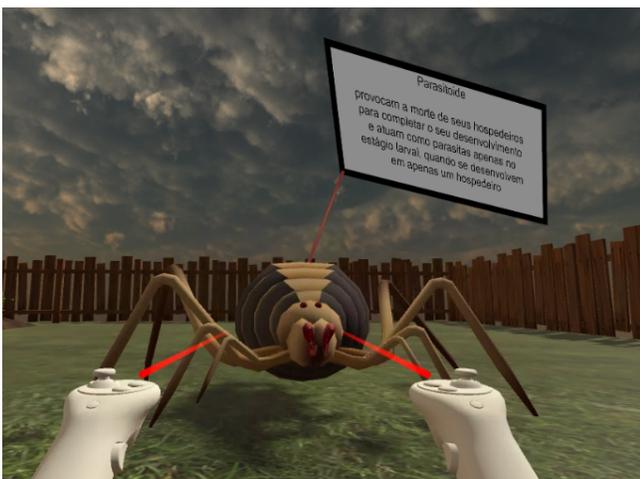


Figura 5: Menu de seleção parasitoide.

Os módulos de gerenciamento de configurações foram implementados para o controle do volume de áudio, onde se coletam os valores marcados na interface, armazenando-os numa variável global.

3.4 Instrumento de avaliação

Uma amostragem por conveniência, composta por um total de 8 usuários, sendo sete homens e uma mulher. Os testes foram conduzidos em dois momentos de forma individual, um momento no auditório da Comercial Zaffari no dia 11 de novembro de 2024 e outro no Laboratório de Realidade Virtual e Visão Computacional da UPF, no dia 12 de novembro de 2024.



Figura 7: Configuração de botões analógicos para movimentação no jogo: controle da esquerda, personagem; controle da direita, câmera.

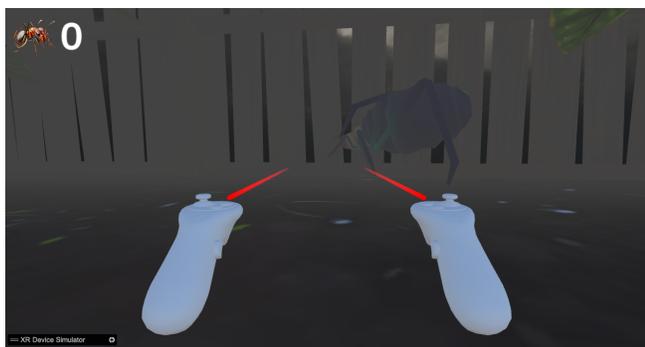


Figura 8: Exemplo de um *player* “Parasitoide” realizando a ação de perseguição.

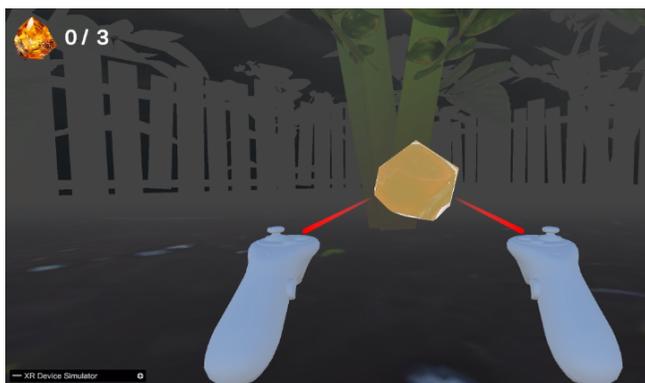


Figura 9: Exemplo de um *player* “afídeo” realizando a ação de coleta no jogo.

Cada teste levou aproximadamente 10 minutos e os participantes foram divididos em dois grupos, de forma balanceada: um grupo responsável por testar a aplicação como um parasitoide, e outro grupo por testar como afídeo. A [Figura 10](#) mostra um dos participantes vestindo os equipamentos durante o processo interativo do jogo.

O procedimento realizado durante os testes seguia o seguinte roteiro: cada participante respondia primeira-

mente um formulário de caracterização da amostra³ e seu conhecimento sobre jogos com VR. O próximo passo era deixar o usuário interagir com seu ator no **Project Bug VR**. Num primeiro momento, explorar livremente o jogo, durante aproximadamente três minutos, para entender os mecanismos criados para auxiliá-lo durante o processo interativo. Após esse treinamento, o usuário interagia novamente no **Project Bug VR**, sendo coletado dados de desempenho da aplicação para posterior avaliação. Ao final de cada teste, o participante respondia questionários para avaliação da usabilidade⁴ e da experiência no jogo⁵, além de perguntas abertas⁶ sobre as mesmas temáticas.



Figura 10: Participante do estudo interagindo no Project Bug VR com Meta Quest 2 (controles e capacete).

Para realizar a avaliação do **Project Bug VR**, primeiramente, criou-se um questionário pré-teste de categorização de amostra ([Figura 11](#)), padrão de oito perguntas. O objetivo era coletar dados gerais do perfil de cada usuário (gênero, idade e escolaridade), familiaridade com jogos de VR, que jogos deste tipo já tinha jogado, e também a frequência com que interage com jogos de estilo “Survivor

³Disponível em: <https://forms.gle/iP9URh3BGbyVDchP9>

⁴Disponível em: <https://forms.gle/YQTQg5JGiQZdk3Av7>

⁵Disponível em: <https://forms.gle/B9BY1dQerJGYUK6K7>

⁶Disponível em: <https://forms.gle/BtxZqvz3rwL9Q62Z8>

Categorização da amostra	Perguntas	Tipo de resposta
I.	Você concorda em permitir o uso das suas respostas para validar a proposta do TCC?	Seleção
II.	Qual sua idade?	Resposta curta
III.	Qual seu gênero?	Seleção
IV.	Qual seu grau de escolaridade? (nível de formação completo ou em curso)	Seleção
V.	Com que frequência você joga games no estilo "Survivor Horror", como Dead by Daylight e Left 4 Dead?	Seleção
VI.	Você já interagiu com jogos de VR?	Seleção
VII.	Se já interagiu, informe o nome de alguns títulos que experimentou, bem como os dispositivos utilizados. Caso não, informe se já experimentou alguma outra aplicação em VR.	Resposta curta
VIII.	Qual seu sentimento de expectativa pré-jogo para experimentar o "Project Bug VR", um VR-serious game estilo "Survivor Horror"?.	Seleção

Figura 11: Questionário de categorização da amostra aplicado.

Horror". O voluntário também informava se autorizava a usar as respostas para validar a proposta de jogo, e qual era a sua expectativa pré-jogo (muito ruim, ruim, neutro, bom, muito bom).

No pós-teste, foram aplicados três questionários. Primeiro, o participante respondia o questionário reduzido de experiência de usuário - UEQ-S (Schrepp et al., 2017), versão em Língua Portuguesa, padrão de oito perguntas. O UEQ-S é um questionário de diferencial semântico que conta com oito termos relacionados à experiência do usuário e seus antônimos (Figura 12). Ao indicar graduações (representadas por círculos), em uma escala de sete pontos, o participante aponta o peso de cada aspecto avaliado em relação a outro.

Obstrutiva	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Condutora
Complicada	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Fácil
Ineficiente	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Eficiente
Confusa	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Evidente
Aborrecida	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Excitante
Desinteressante	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Interessante
Convencional	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Original
Comum	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Vanguardista

Figura 12: Questionário UEQ-S aplicado.

Em seguida, o participante recebia o questionário SUS (System Usability Scale), versão em Língua Portuguesa, padrão de dez perguntas, com respostas baseadas na escala Likert de cinco pontos (Figura 13). Ele é um questionário quantitativo amplamente utilizado para avaliação da facilidade de uso, que fornece uma medida das percepções subjetivas das pessoas sobre a usabilidade de um sistema (Brooke, 2013). Esse teste permitirá identificar possíveis melhorias e ajustar a interface para atender melhor às necessidades do público-alvo.

O estudo também considerou um questionário aberto (Figura 14), com quatro perguntas para coletar dados qualitativos das respostas dos participantes. Duas delas possuem o objetivo de avaliar, subjetivamente, a usabilidade e a experiência do usuário. Nestas, o participante pode registrar impressões positivas e negativas a respeito. Outra questão coletada a expectativa pós-jogo do participante. E a última questão era um espaço aberto para indicação de melhorias, críticas ou comentários em geral.

Discordo totalmente	1	2	3	4	5	Concordo totalmente
I.	Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.					
II.	Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.					
III.	Eu achei o sistema fácil de usar.					
IV.	Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema.					
V.	Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.					
VI.	Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência.					
VII.	Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente.					
VIII.	Eu achei o sistema atrapalhado de usar.					
IX.	Eu me senti confiante ao usar o sistema.					
X.	Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.					

Figura 13: Questionário SUS aplicado.

4 Resultados e Discussão

Essa seção apresenta os resultados obtidos durante o estudo piloto do VR-serious game Project Bug VR, em relação à usabilidade e à experiência do usuário, seguidos por uma análise e discussão das mesmas.

Conforme demonstra a Tabela 1, seguindo a metodologia de tabulação de pontuação do SUS⁷, pode-se notar que a pontuação média geral alcançou 78,75. De acordo com a literatura, esse valor indica que o Project Bug VR apresenta um bom score de aceitabilidade, em termos de usabilidade. Ele também ressalta que o jogo obteve boas avaliações pela maioria dos usuários.

Entretanto, ao analisar com mais atenção os dados, pode-se observar que dois participantes pontuaram aspectos de forma mais negativa. Os valores indicados por um deles culminou numa nota final de 60 pontos, colocando o jogo numa faixa neutra de usabilidade, e mostrando que o usuário obteve uma percepção mista sobre a facilidade de uso. Já outro participante gerou uma nota final de 42,5 pontos, apontando problemas de usabilidade na solução, colocando o jogo numa faixa de não aceitabilidade.

Conforme a Tabela 2, observa-se pela média das respostas que os participantes do estudo consideraram o VR-serious game, positivamente, como fácil, interessante e original. Considerando a ferramenta de análise oferecida por Schrepp et al. (2017), ela resulta em scores 1,500 para

⁷Uma síntese de como interpretar o SUS pode ser consultada em <https://measuringu.com/interpret-sus-score/>

Perguntas abertas	Perguntas	Tipo de resposta
I	Qual seu sentimento de expectativa pós-jogo para o "Project Bug VR", depois de experimentá-lo.	Seleção
II	Na sua opinião, como você avalia a usabilidade e utilidade do Project Bug VR? Procure registrar impressões, aspectos positivos e negativos a respeito da facilidade de uso das funcionalidades e aplicabilidade da ferramenta.	Resposta longa
III	Na sua opinião, como você avalia a experiência do usuário do Project Bug VR? Procure registrar impressões, aspectos positivos e negativos a respeito de percepções subjetivas da interface, como sensação de presença, conforto.	Resposta longa
IV	Use esse espaço para registrar sugestões de melhoria e críticas à ferramenta, ou registrar outros aspectos e comentários a respeito do experimento.	Resposta longa

Figura 14: Questionário de perguntas abertas aplicado.

Tabela 1: SUS: tabulação e cálculo por participante e da média geral do experimento.

	Q01	Q02	Q03	Q04	Q05	Q06	Q07	Q08	Q09	Q10	Score Bruto	Score Final
U1	5	1	5	2	4	1	5	1	5	1	38	95,00
U2	4	1	5	1	3	1	5	2	4	1	35	87,50
U3	3	1	5	2	3	2	5	2	5	1	33	82,50
U4	5	1	5	1	4	2	5	2	5	1	37	92,50
U5	5	2	5	1	4	2	5	2	5	1	36	90,00
U6	2	1	5	3	5	3	5	2	5	1	32	80,00
U7	4	3	3	5	3	1	3	3	1	5	17	42,50
U8	5	2	5	4	5	4	4	4	4	5	24	60,00
											Média	78,75

qualidade pragmática⁸, 1,844 para qualidade hedônica⁹, e 1,672 para qualidade geral da aplicação. De acordo com os autores do UEQ-S, valores acima de 0,800 representam uma avaliação positiva do produto.

Por outro lado, há algumas percepções dos participantes que se tornam mistas, ou seja, mostram uma distribuição das respostas equilibrada quando tratam aspectos como "Obstrutivo ou Condutor" e "Confuso ou Evidente". Ainda, o aspecto "Comum ou Vanguardista" apresenta resultados gerais voltados a um VR-serious game comum.

Tabela 2: UEQ-S: média geral do experimento, por aspecto, da experiência dos usuários.

Aspectos	$\bar{x} \pm DP$
Obstrutivo ou Condutor	5,12 ± 1,16
Complicado ou Fácil	6,12 ± 1,05
Ineficiente ou Eficiente	5,62 ± 0,99
Confuso ou Evidente	5,12 ± 1,61
Aborrecido ou Excitante	5,87 ± 0,78
Desinteressante ou Interessante	6,50 ± 1,00
Convencional ou Original	6,12 ± 0,59
Comum ou Vanguardista	4,87 ± 1,53

É de suma importância ressaltar que o Project Bug VR ainda é um protótipo de jogo, e pode ser aprimorado e melhorado para explorar todos os recursos e funcionalidades do Meta Quest 2 em um ambiente imersivo. Isso ficou evidente nos resultados obtidos através do questionário de perguntas abertas.

Em geral, os participantes afirmaram que a experiência poderia ter sido melhor e mais imersiva caso os modelos de afídeos e parasitoides tivessem diferenças significativas entre eles. Além disso, foi destacado que um ponto de melhoria pertinente é o controle do movimento da cabeça do usuário. Nesta versão, isso era moderado por um dos con-

troles do Meta Quest 2 – e os participantes gostariam que isso fosse feito pelo capacete do dispositivo. Por outro lado, as outras respostas descritivas destacaram o engajamento gerado pelo Project Bug VR com fortemente positivo.

E, em relação à expectativa pré- e pós-jogo, observou-se que não houve variação significativa. Antes do experimento, dois participantes marcaram expectativa boa, e os outros seis marcaram muito boa. Após interagir com o jogo, um dos que indicou expectativa muito boa anteriormente passou a marcar a experiência pós-jogo como boa.

Com base nesses resultados, pode-se dizer que o Project Bug VR é uma solução boa e aceitável, do ponto de vista de usabilidade; e positiva e excelente, do ponto de vista de experiência do usuário. Para uma primeira versão da aplicação, são resultados promissores, considerando o tamanho da amostra.

Observando, separadamente, as notas do questionário SUS, pode-se perceber que os participantes, quase que unanimemente, avaliaram dois aspectos de forma fortemente positiva: acharam o sistema fácil de usar (Q03 – $\bar{x}=4,75$), e que acreditam que outras pessoas poderiam aprender rapidamente o funcionamento do jogo (Q07 – $\bar{x}=4,62$). Esse panorama mostra que o jogo é intuitivo, e que pode ser acessível como ferramenta de apoio ao ensino de entomologia.

Analisando os dados do questionário SUS, percebe-se que os usuários U7 e U8 realizam uma avaliação mais criteriosa do produto. Notou-se também no questionário de perguntas abertas que os mesmos fizeram mais anotações a respeito de melhorias na eficiência e na interface do jogo. Entre os pontos mencionados, destacou-se a ausência de um tutorial voltado para o ensino de novos usuários de realidade virtual (VR) e problemas relacionados ao controle da câmera, que são executada por sua vez através do controle, esses fatores acabaram prejudicando a experiência dos usuários U7 e U8. Apesar da avaliação de usabilidade favorável, na média, isso evidencia que a aplicação precisa passar por mais testes com uma amostra maior de participantes, afim de detectar quais aspectos, de fato, apresentam problemas relacionados à usabilidade.

No questionário de perguntas abertas, um dos pontos

⁸A "Qualidade Pragmática" ressalta o grau de sucesso com o que os usuários atingem os objetivos esperados pelo uso da aplicação.

⁹Já a "Qualidade Hedônica" destaca fatores como originalidade, interesse e estímulo em usar a solução de forma satisfatória.

citados pela maioria dos usuários é relacionado ao uso equivocado da movimentação da câmera através do controle. Durante o experimento, notou-se a dificuldade que os participantes neste quesito, o que também prejudicou o uso intuitivo do capacete e, conseqüentemente, interferiu na experiência do usuário. Apesar de existir um recurso na aplicação para estipular a velocidade da câmera, através do menu, ele não foi eficaz. É importante frisar que o avaliador forneceu instruções de como usar controles para proceder com esse ajuste antes e durante o jogo - porém, os jogadores estavam mais focados em realizar a tarefa prevista. Esse cenário mostra que ainda há espaço para melhor o jogo e deixar a experiência como um todo mais simples e intuitiva, além de permitir um controle maior de configurações para cada usuário.

Os resultados demonstraram que também uma facilidade de uso do jogo pelo questionário UEQ-S ($\bar{x}=6,12$) - além de destacar a aplicação como interessante ($\bar{x}=6,50$) e original ($\bar{x}=6,12$). Outras avaliações relevantes salientam a solução como eficiente ($\bar{x}=5,62$) e excitante ($\bar{x}=5,87$). A partir disso, pode-se dizer que **Project Bug VR** tende a oferecer uma experiência única, muito positiva, com situações diferenciadas e cativantes que prendem a atenção dos jogadores. Além disso, é uma aplicação singular, pois explora um estilo de jogo ("Survivor Horror") em um ambiente lúdico, imersivo e educativo. De todo modo, a percepção do jogo ainda tende a ser mais comum (aspecto avaliado com a menor média), o que indica que a solução pode melhorar seu desempenho na experiência de usuário com a adição de inovações ou recursos que o tornem diferente dos concorrentes.

Em suas respostas às perguntas abertas, todos os participantes enfatizaram várias qualidades positivas sobre a interatividade e a imersão do **Project Bug VR**. A ambientação do usuário com o menu e com a dinâmica das partidas foram frequentemente mencionadas, sendo notável o fato de como o ambiente virtual simula plantações, e como o próprio game simula a perspectiva de vista de um inseto. De acordo com as avaliações, isso contribui para uma maior imersão e uma experiência satisfatória durante o processo interativo. Além disso, o modo de jogo onde o usuário vivencia um afídeo foi bastante mencionado e elogiada pela sua natureza lúdica, divertida e imersiva. Como sugestão adicional, relatou-se o uso de menus fixos e um tutorial para pessoas sem experiência com jogos em VR.

Apesar da avaliação geral ser positiva, o estudo apresenta limitações. Primeiramente, a falta de opções para a câmera do jogador em primeira pessoa restringe a experiência de simulação da vida de um afídeo ou parasitoide. Além disso, acredita-se que poderiam ser implementados mecânicas que gerassem mais desafios ao usuário e, conseqüentemente, o emprego de mais recursos do próprio Meta Quest 2 (por exemplo, captura de itens através do recurso *grab* ou desafios envolvendo a esquiva do usuário quando atacado). De modo geral, vale ressaltar que a amostra de participantes foi baixa, e é recomendado testar uma próxima versão com um número maior de participantes.

Por fim, o **Project Bug VR** trouxe uma importante contribuição para o meio educacional, como uma ferramenta de apoio ao ensino de entomologia. Por meio do uso de recursos de VR, o usuário pode explorar e vivenciar o mundo na visão de um inseto, de uma forma interativa e imersiva,

tornando-se uma experiência única e lúdica capaz de facilitar a compreensão do ecossistema e comportamento existente de afídeos e parasitoides.

Além disso, o fato do **Project Bug VR** ser baseado no estilo de jogo *Survival Horror* inova o ensino, mesclando uma atmosfera de mistério e sobrevivência para tornar o conhecimento sobre o processo de controle biológico dinâmico, empolgante e desafiador. A combinação de um *VR-serious game* com a educação demonstra a união do lúdico com o conhecimento científico, fazendo o **Project Bug VR** ser uma abordagem diferenciada, capaz de gerar engajamento e atenção aos usuários à conteúdos sobre insetos.

5 Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e a avaliação do **Project Bug VR**, um *serious game* para o processo de controle biológico de insetos que busca, por meio de técnicas de interação 3D, oferecer um processo interativo diferenciado. Para tanto, desenvolveu-se uma solução que explora, de forma lúdica, a relação entre pragas do campo e agentes de controle biológico em ambientes de plantações simulados, que colocam o usuário no papel dessas personagens. Um estudo piloto foi realizado com oito participantes levando em conta aspectos de usabilidade e experiência do usuário.

Em comparação com os trabalhos relacionados, o **Project Bug VR** demonstra vantagens significativas em termos de imersão e experiência para os usuários. Enquanto os outros projetos limitam a interação com VR por meio de dispositivos móveis, a solução desse estudo utiliza o Meta Quest 2 para visualização e interação mais completa, por meio de HMD e controles de VR. Ademais, o game proposto é inspirada no estilo *Survival Horror*, tornando-o singular na exposição de conteúdos por meio de temas de sobrevivência e mistério.

Com base nisso, pode-se dizer que o **Project Bug VR** é um *VR-serious game* diferente e amigável que, por meio de um ambiente virtual imersivo pode auxiliar no ensino do processo de controle biológico de insetos - especialmente em aulas de entomologia. Por meio dele, pode-se oferecer ao usuário uma experiência única, utilizando os dispositivos e técnicas de VR para explorar o espaço virtual e simular a vida do inseto desejado.

Como perspectiva de trabalhos futuros, propõe-se a criação de partidas cooperativas onde diversos *players* podem explorar o mapa ao mesmo tempo - por exemplo, quatro participantes atuam como afídeos, e um atua como parasitoide, simulando situações reais do ambiente biológico. Sugere-se também a adição de mais opções de plantações e insetos simulando o comportamento real de cada inseto com suas perspectivas individualidades - por exemplo, caso o inseto voe o mesmo teria a opção de voo. Além disso, implementar melhorias sugeridas pelos participantes do experimento, como um tutorial, mais opções para câmera conseguindo escolher se deseja utilizar o controle ou o apenas gestos com a cabeça. Em seguida, sugere-se a realização de novos testes com um número maior de usuários, com o intuito de validação do *VR-serious game* como ferramenta de apoio ao ensino.

6 Agradecimentos

Agradecimentos a todos os participantes voluntários do estudo piloto. Agradecimentos também ao colega do Curso de Ciência da Computação, Lucas Martins Chaves, pela colaboração com demandas do projeto.

Referências

- Abt, C. (1987). *Serious Games*, University Press of America. ISBN: 9780819161475.
- Botella, C., Breton-Lopez, J., Quero, S., Baños, R. M., Garcia-Palacios, A., Zaragoza, I. e Alcañiz, M. (2011). Treating cockroach phobia using a serious game on a mobile phone and augmented reality exposure: A single case study, *Computers in Human Behavior* 27(1): 217–227. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.07.043>.
- Brooke, J. (2013). Sus: a retrospective., *Journal of usability studies* 8(2). DOI: <https://doi.org/10.5555/2817912.2817913>.
- Campo, P. e Dangles, O. (2020). An overview of games for entomological literacy in support of sustainable development, *Current opinion in insect science* 40: 104–110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2020.05.018>.
- Clayborn, J. e Delamarre, A. (2019). Living room conservation: a virtual way to engage participants in insect conservation, *Rethinking Ecology* 4: 31–43. DOI: <https://doi.org/10.3897/rethinkingecology.4.32763>.
- da Rocha, R. V., Bittencourt, I. I. e Isotani, S. (2015). Análise, projeto, desenvolvimento e avaliação de jogos sérios e afins: uma revisão de desafios e oportunidades, *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, Vol. 26, p. 692. DOI: <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2015.692>.
- de la Vega, G. J., Falconaro, A. C., Soria, L. e Corley, J. C. (2022). Integrated pest management education: a video-game to improve management of *Drosophila suzukii*, soft-skin fruit pest, *Neotropical Entomology* 51(5): 801–807. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-022-00977-4>.
- Fernes, D., Oberdörfer, S. e Latoschik, M. E. (2023). Work, trade, learn: Developing an immersive serious game for history education, *International Conference on Immersive Learning*, Springer, pp. 379–396. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-47328-9_28.
- Helmberger, M. S., Lampasona, T. P., Lorenz, A. R. e Grieshop, M. J. (2022). Pest quest: A game of strategy, uncertainty, and sticky traps, *Journal of Integrated Pest Management* 13(1): 23. DOI: <https://doi.org/10.1093/jipm/pmac019>.
- McClarty, K. L., Orr, A., Frey, P. M., Dolan, R. P., Vassileva, V. e McVay, A. (2012). A literature review of gaming in education, *Gaming in education* 1(1): 1–35. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=ED576687>.
- Parra, J. R. P. (2002). *Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores*, Editora Manole Ltda. ISBN: 9786589722045.
- Pasandideh Saqalaksari, M., Talebi, A. A., Van de Kamp, T., Reyhani Haghghi, S., Zimmermann, D. e Richter, A. (2024). Entomonvr: A new virtual reality game for learning insect morphology, *Journal of Insect Biodiversity and Systematics* pp. 557–569. DOI: <https://doi.org/10.1101/2023.02.01.526587>.
- Rodrigues, G. P., de Magalhães Porto, C. et al. (2013). Realidade virtual: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações, *Interfaces Científicas-Educação* 1(3): 97–109. DOI: <https://doi.org/10.17564/2316-3828.2013v1n3p97-109>.
- Salvadori, J. R. e Tonet, G. E. L. (2001). Manejo integrado dos pulgões de trigo. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/820438>.
- Schrepp, M., Hinderks, A. e Thomaschewski, J. (2017). Design and evaluation of a short version of the user experience questionnaire (ueq-s), *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 4 (6), 103–108. DOI: <https://doi.org/10.9781/ijimai.2017.09.001>.
- Wang, Y. (2021). The influence of virtual reality technology on the cultivation of agricultural students, *Mobile Information Systems* 2021(1): 7699106. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/7699106>.
- Xavier, M. F., Murakami, E. T., Neto, I. V., de Oliveira, P. R., Santiago, R. C. e Celestino, C. C. (2020). A realidade aumentada e virtual como métodos de ensino, *Brazilian Journal of Development* 6(12): 97362–97370. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-287>.
- Yuliastrin, A., Gerungan, R. A., Nuryandani, E. e Wibawa, C. (2022). Development of biology educational game for learning integrated pest control, *Proceedings of the International Conference on Innovation in Open and Distance Learning*, Conference Proceedings, pp. 702–710. Disponível em: <https://conference.ut.ac.id/index.php/inodel-proceedings/article/view/731>.