

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

DOUGLAS CAVALLI RACHEVSKY

**Presença, usabilidade, diversão e
conforto em jogos de realidade virtual:
um estudo com usuários**

Monografia apresentada como requisito parcial
para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência
da Computação

Orientador: Prof^a. Dr^a. Luciana Porcher Nedel
Co-orientador: Prof. Ms. Vinícius Costa de
Souza

Porto Alegre
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitora: Jane Fraga Tutikian

Pró-Reitor de Graduação: Vladimir Pinheiro do Nascimento

Diretora do Instituto de Informática: Carla Maria Dal Sasso Freitas

Coordenador do Curso de Ciência de Computação: Raul Fernando Weber

Bibliotecária-chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família pelo apoio incondicional durante todos os meus estudos.

Aos amigos, colegas e professores que me ajudaram com sugestões, dicas e ideias. Principalmente aos professores e orientadores Luciana Nedel e Vinícius Costa de Souza, que com sua experiência, possibilitaram a conclusão desse trabalho e à banca composta pelo professor Anderson Maciel e pelo Victor Adriel de Jesus Oliveira, que avaliaram e propuseram mudanças no trabalho apresentado.

Aos participantes voluntários dos testes que investiram o seu tempo e disposição em prol deste trabalho, ajudando na coleta de dados.

RESUMO

Este trabalho tem como base a criação e avaliação de um jogo de realidade virtual (RV), cujos resultados poderão auxiliar os desenvolvedores e pesquisadores da área de jogos na criação de diretrizes para melhorar experiências em RV. Para isso, foram estudadas tecnologias atuais e a literatura sobre realidade virtual, principalmente na área de jogos digitais. Foram mapeados e categorizados alguns dos jogos que utilizam realidade virtual e conceitos importantes encontrados foram apresentados, como presença e imersão. A partir da pesquisa, foi projetado um jogo de realidade virtual para avaliar a sensação de presença, o desempenho, o grau de diversão e de conforto dos jogadores nesse tipo de jogo. Posteriormente, foram feitos experimentos em diferentes condições de visualização e interação. Coletaram-se dados de 16 participantes a partir da aplicação de questionários e de medidas fisiológicas. Os resultados indicam que jogos em RV necessitam de interação mais natural e intuitiva possível para aumentar a sensação de presença, já que as pessoas se divertem mais em um jogo quando se sentem presentes. Jogadores com baixa experiência em jogos de desktop obtiveram melhor desempenho na versão em RV. Esses resultados sugerem que a interação natural oferecida pelo RV traz facilidade de aprendizado para leigos e consequente diversão.

Palavras-chave: Realidade virtual. jogos digitais. presença. imersão.

Presence, usability, fun and comfort in virtual reality games: a study with users

ABSTRACT

This work is based on the creation and evaluation of a virtual reality game (VR), whose results may help game developers and researchers in creating guidelines for improving VR experiences. For this, we studied current technologies and the literature on virtual reality, especially in the area of digital games. We have mapped and categorized some of the games that use virtual reality and found important concepts such as presence and immersion. From the research, a virtual reality game was designed to assess the players' sense of presence, performance, degree of fun and comfort in this type of game. Subsequently, experiments were performed under different visualization and interaction conditions. Data were collected from 16 participants from the application of questionnaires and physiological measures. The results indicate that RV games require the most natural and intuitive interaction possible to increase the sense of presence, since people have more fun in a game when they feel present. Players with low desktop gaming experience have performed better in the RV version. These results suggest that the natural interaction offered by the RV brings learning ease to lay people and consequent fun.

Keywords: Virtual reality. digital games. presence. immersion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Screenshot do jogo Bound	14
Figura 2.2 Screenshot do jogo Thumper	14
Figura 2.3 Screenshot do jogo Werewolves Within.....	15
Figura 2.4 Screenshot do jogo The Gallery: Episode 1.....	15
Figura 2.5 Screenshot do jogo DiRT Rally	16
Figura 2.6 Screenshot do jogo Star Trek: Bridge Crew.....	16
Figura 2.7 Imagem do jogo Sparc	17
Figura 2.8 Screenshot do jogo Arizona Sunshine	17
Figura 2.9 Screenshot do jogo VR Danger Zombie	18
Figura 3.1 Screenshot da versão tower defence do jogo ainda em criação.....	21
Figura 3.2 Screenshot da versão final do jogo, mostrando o rastro deixado pelas naves inimigas.....	22
Figura 3.3 Screenshot da versão final do jogo, mostrando a mira ao tocar num asteroide	23
Figura 3.4 Comparação das duas cores de mira	23
Figura 3.5 Screenshot da versão final do jogo, mostrando as duas cores de nave.....	24
Figura 3.6 Controles Touch Rift utilizados na versão do jogo com o HMD	25
Figura 3.7 Participante jogando no HMD com o controle Touch.....	26
Figura 3.8 Participante jogando no PC com teclado e mouse.....	27
Figura 5.1 Experiência em jogos de PC dos participantes	33
Figura 5.2 Oculus Rift.....	34
Figura 5.3 Controles Oculus Touch	34
Figura 5.4 BITalino (r)evolution Board Kit.....	35
Figura 5.5 Gráfico que representa a Teoria do Fluxo.....	38
Figura 5.6 Representação esquemática do complexo QRS.....	39
Figura 5.7 Posição dos eletrodos nas palmas das mãos.....	41
Figura 6.1 Boxplots mostrando a relação dos índices de satisfação (SUS*) dos participantes por condição	43
Figura 6.2 Respostas para a pergunta de facilidade de uso do pós-questionário	44
Figura 6.3 Boxplots mostrando a relação do score no questionário SUS para cada condição	45
Figura 6.4 Respostas para a pergunta de presença do pós-questionário	47
Figura 6.5 Boxplots mostrando a relação dos scores de todos os participantes	48
Figura 6.6 Boxplots mostrando a relação de pontuação de todos os participantes por grupo e condição.....	50
Figura 6.7 Boxplots mostrando a relação do SSQ no pré-questionário (Inicial) e após cada condição	51
Figura 6.8 Respostas para a pergunta de desconforto do pós-questionário.....	52
Figura 6.9 Boxplots mostrando a relação dos índices de diversão dos participantes por condição	53
Figura 6.10 Respostas para a pergunta de diversão do pós-questionário	54
Figura 6.11 Média em μS da EDA basal e por condição	55
Figura 6.12 Variação média da EDA por condição.....	56
Figura 6.13 Média de bpm basal e por condição.....	57
Figura 6.14 Variação das médias de batimentos por minuto por condição	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Comparativo dos jogos em RV pesquisados.....	19
Tabela 3.1 Regras de pontuação do jogo desenvolvido.....	28
Tabela 5.1 Condições de teste	31
Tabela 5.2 Grupos de usuários, conforme sua experiência em jogos desktop.....	32
Tabela 5.3 Ordem das condições aplicadas utilizando o quadrado latino	40
Tabela 6.1 Diferenças estatísticas entre condições aplicando Wilcoxon 5% sob o resultado SUS*	42
Tabela 6.2 Diferenças estatísticas entre condições aplicando t-student 5% sob a pergunta de facilidade de uso do pós-questionário	43
Tabela 6.3 Médias do questionário SUS e seus desvios padrão para C1	44
Tabela 6.4 Médias do questionário SUS e seus desvios padrão para C2	46
Tabela 6.5 Médias do questionário SUS e seus desvios padrão para C3	46
Tabela 6.6 Médias do questionário SUS e seus desvios padrão para C4	47
Tabela 6.7 Médias e desvios padrão relativos ao desempenho no jogo para cada condição	49
Tabela 6.8 Médias do Total Score SSQ e seus desvios padrão no pré-questionário (Inicial) e em cada condição, seguido do maior Total Score possível (Máximo)	50
Tabela 6.9 Média e desvio padrão dos índices de diversão por condição	52
Tabela 6.10 Diferenças estatísticas entre condições aplicando t-student 5% sob o questionário de diversão	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Três Dimensões
API	Application Programming Interface
AV	Ambiente Virtual
bpm	Batimentos por minuto
ECG	Eletrocardiografia
EDA	Atividade Eletrodermal
HMD	Head-mounted display
mV	Milivolts
PC	Personal Computer
RV	Realidade Virtual
SUS	Slater-Usoh-Steed Questionnaire
SUS*	System Usability Scale Questionnaire
SSQ	Simulator Sickness Questionnaire
UI	User Interface
μ S	Micro-Siemens

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos	10
1.2 Organização do texto	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO E TRABALHOS RELACIONADOS	12
2.1 Realidade Virtual	12
2.2 Presença e Imersão	12
2.3 Realidade Virtual nos Jogos	13
3 DESENVOLVIMENTO DO JOGO	20
3.1 Projeto do jogo	20
3.1.1 Versão 1: RV com mira livre	25
3.1.2 Versão 2: RV com mira fixa	25
3.1.3 Versão 3: PC com mira livre	26
3.1.4 Versão 4: PC com mira fixa	28
3.2 Regras de Pontuação	28
4 HIPÓTESES E CONTRIBUIÇÕES	29
5 EXPERIMENTO	31
5.1 Variáveis	31
5.2 Participantes	32
5.3 Materiais e Equipamentos	32
5.4 Métricas	35
5.4.1 Desempenho no jogo	35
5.4.2 Presença	35
5.4.3 Conforto	36
5.4.4 Usabilidade	36
5.4.5 Diversão	37
5.4.6 Medidas Fisiológicas	38
5.5 Procedimento	40
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
6.1 Usabilidade	42
6.2 Presença	44
6.3 Desempenho no jogo	46
6.4 Conforto	50
6.5 Diversão	52
6.6 Medidas Fisiológicas	54
6.7 Restrições	57
7 CONCLUSÃO	59
8 REFERÊNCIAS	61
9 APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO	64
10 APÊNDICE B - PRÉ-QUESTIONÁRIO	65
11 APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO RESPONDIDO APÓS CADA TAREFA	67
12 APÊNDICE D - PÓS-QUESTIONÁRIO	70
13 APÊNDICE E - SCRIPT GENÉRICO EM R	72

1 INTRODUÇÃO

A indústria de jogos digitais tem uma presença cada vez maior nas mais variadas plataformas, como celulares, TVs e nas próprias redes sociais, sendo o Facebook um dos maiores faturadores (Tecmundo, 2011). Isso permite que não apenas grandes empresas consigam ganhar dinheiro com jogos, mas pequenos grupos de desenvolvedores também.

Ao mesmo tempo, os dispositivos de realidade virtual cada vez mais estimulam o mercado, tornando os preços cada vez mais acessíveis. Como previsto em 2016, a indústria gerou mais de 8,9 bilhões de dólares e prevê 12,3 bilhões de dólares em 2018 (IGN, 2016). Com isso, a popularização de dispositivos que permitam acesso à jogos e programas em RV tende a crescer continuamente.

A RV é capaz de criar a sensação para o usuário de ser totalmente transportado para um mundo tridimensional virtual e de fornecer uma experiência visceral e imersiva, porém isso nem sempre ocorre. Então, diretrizes para o desenvolvimento em RV são importantíssimas. Experiências que ignoram as boas práticas, podem levar a diversos tipos de enfermidades, como fadiga ocular, desorientação e náusea nos usuários.

Para se criar boas diretrizes, é necessário conhecimento prévio no assunto. Para isso, precisa-se estudar a área e praticar o que foi estudado. Por isso, nesse trabalho foi desenvolvido e avaliado um jogo de tiro em RV, cujos resultados poderão auxiliar os desenvolvedores e pesquisadores da área de jogos na criação de experiências em RV cada vez mais seguras e atrativas.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento e a avaliação de um jogo em Realidade Virtual em diferentes condições de interação.

Os objetivos específicos são:

- Realizar uma revisão da literatura sobre jogos em RV;
- Mapear e categorizar os jogos em RV;
- Projetar um jogo para diferentes plataformas e com diferentes possibilidades de interação;
- Desenvolver o jogo projetado;
- Avaliar o desempenho dos jogadores, a usabilidade do jogo, a sensação de presença,

o grau de diversão e o nível de conforto nas diferentes condições de visualização e interação;

1.2 Organização do texto

O restante deste trabalho está estruturado da seguinte maneira: o Capítulo 2 apresenta trabalhos relacionados e demonstra o que está sendo desenvolvido na área; o Capítulo 3 apresenta o projeto do jogo desenvolvido; o Capítulo 4 apresenta as hipóteses criadas e suas contribuições; o Capítulo 5 apresenta o experimento conduzido; o Capítulo 6 apresenta os resultados do experimento e a discussão com base nos resultados e no referencial teórico; e por último, o Capítulo 7 apresenta as considerações finais sobre o trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E TRABALHOS RELACIONADOS

2.1 Realidade Virtual

O termo Realidade Virtual foi utilizado pela primeira vez no livro “Le Théâtre et son double”, do autor francês, Antonin Artaud, em 1938. Antonin praticamente criou o termo ao sugerir um teatro onde “a ilusão natural de personagens e objetos criavam uma realidade virtual”.

Segundo Coutinho (2015), a maior parte das pesquisas que falam sobre RV, apresentam predominantemente o ponto de vista tecnológico, onde a definem como uma interface capaz de enganar os sentidos de um usuário, por meio de um ambiente virtual criado a partir de um sistema computacional. Ao induzir efeitos visuais, sonoros e até táteis, a realidade virtual permite a imersão completa em um ambiente simulado, com ou sem interação do usuário.

Segundo Burdea e Coiffet (2003), conforme citado por Souza (2015), "Realidade Virtual (RV) é uma aplicação computacional pela qual os usuários podem interagir com ambientes virtuais tridimensionais, que reproduzem situações reais ou imaginárias, envolvendo os sentidos como visão, audição e tato". Para Slater (2014), "RV é um sistema tecnológico que pode substituir precisamente as entradas sensoriais de uma pessoa e transformar o significado de suas saídas motoras para uma realidade alternativa".

Segundo Sousa (2012), apesar de RV ainda ser algo distante da realidade da maioria das pessoas, heranças em avanços em pesquisas e desenvolvimento de hardware para RV migram aos poucos para o uso comum.

Hoje já temos muitos dispositivos e acessórios compatíveis com RV. Entre os mais famosos HMDs, temos os mais potentes e caros, como o HTC Vive (lançado pela Valve em 2015) e da PlayStation VR (lançado pela Sony em 2016) e outros mais baratos baseados em smartphones, como o Gear VR (lançado pela Samsung em 2015) e o Google Cardboard (lançado pela Google em 2014). Todos eles, entretanto, são comercializados para uso doméstico e oferecidos a preços acessíveis.

2.2 Presença e Imersão

É preciso deixar claro a diferença entre presença e imersão para este trabalho, pois ambos possuem atribuições bem próximas e são relacionados.

Segundo Slater (2003), o termo imersão pode ser usado simplesmente para a tecnologia que oferece de um ponto de vista objetivo. Quanto mais um sistema oferece respostas que preservam a fidelidade em relação às suas modalidades sensoriais equivalentes do mundo real, mais que é "imersivo".

O conceito de presença é apresentado em referências acadêmicas de diversas áreas, como robótica, ciência da computação, psicologia, comunicação e arte. Segundo Lee (2004), conforme citado por Sousa (2012), "Presença é um estado psicológico no qual a virtualidade de uma experiência é despercebida."

Segundo Slater (2003), presença é uma reação humana à imersão. Dado o mesmo sistema imersivo, diferentes pessoas podem experimentar diferentes níveis de presença, e também diferentes sistemas imersivos podem dar origem ao mesmo nível de presença em diferentes pessoas. Presença e imersão são logicamente separáveis, mas estão fortemente relacionados. Parte do estudo da presença é entender essa relação.

Segundo Meehan (2001), ambientes virtuais podem evocar respostas fisiológicas semelhantes às evocadas pelo ambiente real correspondente, e uma maior presença resultaria em maior resposta. Os resultados suportam o uso de reação fisiológica como medida de presença. Ele descobriu que a mudança na frequência cardíaca e na condutância da pele, satisfazem os requisitos para uma medida de presença.

2.3 Realidade Virtual nos Jogos

Segundo a revista *Época Negócios* (2016), os jogos são responsáveis pela maior parte da tecnologia de RV criada, em parte porque os jogos são a categoria de entretenimento com mais facilidade de divulgar essa tecnologia.

A seguir são apresentados os jogos em RV pesquisados com o intuito de identificar técnicas e características para o jogo desenvolvido nesse trabalho.

O jogo *Bound* (vide Figura 2.1, lançado em 2016 pela Plastic) é do gênero plataforma, não exclusivo em RV, com o foco na arte e na dança. Jogado em 3ª pessoa, sua interação é com o uso de controles comuns de videogame e sua visualização utiliza várias câmeras fixas que se alternam para seguir a personagem controlada pelo jogador. A versão RV do jogo utiliza o Playstation VR e todas ações possíveis da personagem são controladas apenas pelo controle.

Thumper (vide Figura 2.2, lançado em 2016 pela Drool) é um jogo de ritmo não exclusivo para RV. É jogado em 3ª pessoa apenas com controle comum de vídeo game.

Figura 2.1: Screenshot do jogo Bound



Fonte: <http://ps4-game.ru/review/obzor-igry-bound/>

Figura 2.2: Screenshot do jogo Thumper



Fonte: <https://www.vrfocus.com/>

O jogador controla uma pequena nave que deve seguir comandos de acordo com o ritmo da música. A câmera persegue a nave, ficando sempre atrás da mesma. A versão RV do jogo utiliza o Playstation VR e todas as ações são executadas através do controle. O foco do jogo é a música, por ser um jogo de ritmo.

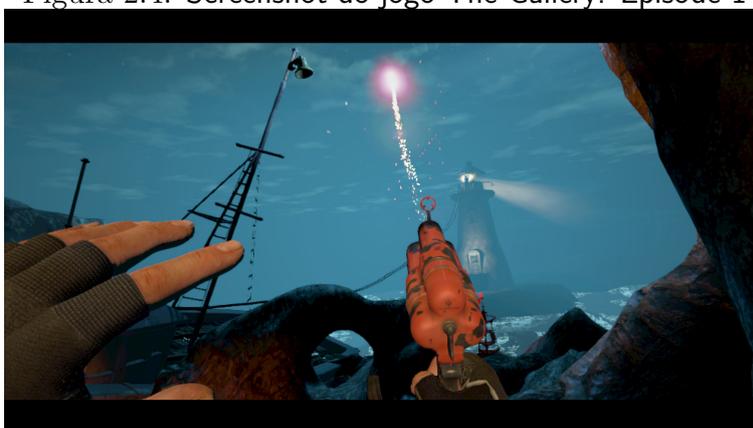
O jogo Werewolves Within (vide Figura 2.3, lançado em 2016 pela Ubisoft) é um jogo social online exclusivo para RV. Jogado em 1ª pessoa, utilizando um controle comum ou apenas com o HMD, o jogador controla um personagem de uma vila, que sentado em um círculo de jogadores, tem o objetivo de descobrir quem é o lobisomen do local. O foco é na interação entre jogadores, não existe movimentação. É necessário um dos seguintes HMDs: Playstation VR, HTC Vive ou Oculus Rift. Algumas interações feitas com captura de movimento são: fazer gestos com as mãos e cabeça, ficar de pé, cochichar com o jogador ao lado, se inclinar e olhar para o lado. Se jogado no controle normal, todos os comandos são encontrados num livro, que também é o menu do jogo.

Figura 2.3: Screenshot do jogo Werewolves Within



Fonte: <https://ubistatic19-a.akamaihd.net/>

Figura 2.4: Screenshot do jogo The Gallery: Episode 1



Fonte: <http://store.steampowered.com/>

O jogo The Gallery: Episode 1 – Call of the Starseed (vide Figura 2.4, lançado em 2016 pela Cloudhead Games Ltd.) é um jogo de aventura exclusivo para RV com alguns quebra-cabeças dentro dele. Jogado em 1ª pessoa, o jogador controla um personagem que vive um mistério com o desaparecimento de sua irmã. A movimentação é feita com teleporte para o local apontado. É necessário controles específicos dos HMDs HTC Vive ou Oculus Rift. Algumas interações são feitas com gestos, como guardar a mochila e pegar a mochila, outros são feitos por apontamento, como selecionar um item na mochila e andar.

O jogo DiRT Rally (vide Figura 2.5, lançado em 2015 pela Codemasters Racing Studio) é do gênero de corrida e simulação, e não exclusivo para RV. Jogado em 1ª pessoa, o jogador tem a movimentação e visão realista de dentro de um carro. Para jogá-lo em RV, é necessário o Oculus Rift e um controle comum ou um controle do tipo direção. Todas interações são feitas por meio destes controles.

Figura 2.5: Screenshot do jogo DiRT Rally



Fonte: <http://store.steampowered.com/>

Figura 2.6: Screenshot do jogo Star Trek: Bridge Crew



Fonte: <https://www.vrheads.com/>

Star Trek: Bridge Crew (vide Figura 2.6, lançado em 2017 pela Ubisoft) é um jogo de ação e aventura não exclusivo para RV. Jogado em 1ª pessoa, o jogador tem a visão realista de estar dentro de uma nave, enquanto contribui para que sua equipe termine missões. Na versão RV, é necessário o Oculus Rift ou o HTC Vive e um controles específicos desses HMDs para simular as mãos. Todas interações são feitas por meio destes controles e apontamento.

Sparc (vide Figura 2.7, lançado em 2017 pela CCP) é um jogo esportivo exclusivo para RV que lembra muito tênis. Jogado em 1ª pessoa, o jogador é capaz de apenas mover as mãos e a câmera. É necessário o Oculus Rift ou o HTC Vive e os controles específicos desses HMDs para simular as mãos. Todas interações são feitas por meio

Figura 2.7: Imagem do jogo Sparc



Fonte: <http://store.steampowered.com/>

destes controles.

Figura 2.8: Screenshot do jogo Arizona Sunshine



Fonte: <https://www.gamecrate.com/>

O jogo Arizona Sunshine (vide Figura 2.8, lançado em 2016 pela Vertigo Games) é um jogo FPS exclusivo para RV. Jogado em 1ª pessoa apenas com controles específicos para RV, o jogador controla um personagem que luta para sobreviver a um apocalipse zumbi. É necessário HTC Vive ou Oculus Rift.

O jogo VR Danger Zombie (vide Figura 2.9, lançado em 2017 pela Tulip Apps) é um jogo FPS exclusivo para RV. Jogado em 1ª pessoa apenas com um smartphone em um Google Cardboard ou similar, o jogador não controla o movimento, nem quando atira. É necessário apenas olhar para onde se deseja atirar.

As informações mais relevantes desse estudo são apresentadas na Tabela 2.1. Com base nessas informações, decisões de projeto foram tomadas.

Como visto, existem jogos RV que proporcionam diversão sem precisar de controles específicos para RV, valendo-se apenas dos sensores de movimento do HMD. Outros

Figura 2.9: Screenshot do jogo VR Danger Zombie



Fonte: <https://lh3.googleusercontent.com/>

foram produzidos também para computador ou consoles de videogame. Estratégias como essas são comuns, pois viabilizam que o jogo atinja um público maior de consumidores. Ainda assim, fica a dúvida se jogar em RV com captura de movimento proporcionam mais diversão do que sem essa opção, o que levou a criação de algumas hipóteses e condições de teste. Quanto aos jogos FPS em RV, as diferentes formas de interação chamaram a atenção e foi levado em consideração no jogo desenvolvido nesse trabalho.

Tabela 2.1: Comparativo dos jogos em RV pesquisados.

<i>Jogo</i>	<i>Primeira pessoa</i>	<i>Exclusivo de RV</i>	<i>Controle</i>	<i>Técnicas utilizadas</i>
Bound	Não	Não	Comum	Várias câmeras fixas que se alternam para seguir a personagem a controle do jogador.
Thumper	Não	Não	Comum	Câmera persegue a personagem.
Werewolves Within	Sim	Sim	Comum ou RV	Interação por captura de movimentos e apontamento.
The Gallery: Episode 1	Sim	Sim	Comum ou RV	A movimentação acontece por teleportação para o local apontado.
DiRT Rally	Sim	Não	Comum ou volante	Toda interface necessária está no cenário.
Star Trek: Bridge Crew	Sim	Não	RV	Interação por captura de movimentos e apontamento.
Sparc	Sim	Sim	RV	Personagem não sai do lugar. Interação por captura de movimentos.
Arizona Sunshine	Sim	Sim	RV	Interação por captura de movimentos. A movimentação acontece por teleportação para o local apontado.
VR Danger Zombie	Sim	Sim	Inexistente	Personagem se move e atira automaticamente. Mira presa a cabeça.

Fonte: O Autor

3 DESENVOLVIMENTO DO JOGO

O jogo desenvolvido e usado nos testes passou por diversas mudanças até chegar na versão final. Este capítulo apresenta o projeto e a evolução do jogo até que ficasse pronto para os experimentos. Além disso, testes preliminares foram realizados ao longo do desenvolvimento e o jogo foi alterado a partir do feedback dos testadores.

3.1 Projeto do jogo

Inicialmente, o autor ainda não tinha o conhecimento necessário para criar um jogo em RV, então o jogo foi desenvolvido para PC, para que depois fosse desenvolvida uma versão para RV. Enquanto criava o jogo, o autor pesquisava tanto a parte teórica quanto prática de criação de jogos em RV.

A ideia inicial foi fazer um jogo do gênero *tower defence*¹, inspirado em *Plants vs. Zombies* (lançado em 2009 pela PopCap Games). A história do jogo seria baseada em uma fada que estaria protegendo a flor da vida de criaturas do mal, que eram enviadas de portais. Para isso, ela precisaria obter energia para poder criar novas plantas que serviriam de armadilhas e ajudariam a proteger a flor da vida.

O jogo se passaria numa floresta encantada, contendo uma flor no centro do mapa e seis rotas com portais, dos quais viriam os inimigos para tentar destruir essa flor. O jogador ficaria imóvel acima da flor no centro do mapa, podendo apenas rotacionar a câmera e controlar a fada. Teria que coletar energia para que pudesse plantar armadilhas com o objetivo de parar esses inimigos antes que eles chegassem à flor. Caso não parasse, seria derrota do jogador. A ideia desse jogo pode ser visualizada na Figura 3.1.

O jogador teria duas formas de interação e duas de visualização para os testes, tal como a versão final do jogo avaliado nesse trabalho. Uma interação seria com a fada presa ao controle *Razer Hydra*², onde ao movimentar a mão, a fada a seguiria. Outra forma, seria com um controle de Xbox, onde ao mexer o analógico, faria com que a fada se movesse. Já para visualização, teríamos o monitor do PC e o HMD.

Posto que o autor almejava uma jogabilidade mais simples, com menos comandos e menos regras, para que as diferentes versões do jogo pudessem ser testadas em pouco

¹Gênero de jogo onde o objetivo é, utilizando armadilhas para atrasar os inimigos, tentar impedi-los de chegarem a um certo ponto do mapa.

²Controle usado para simular os movimentos das mãos.

Figura 3.1: Screenshot da versão tower defence do jogo ainda em criação



Fonte: O Autor

tempo sem muitas dificuldades, o gênero do jogo foi modificado de tower defence para FPS. Os inimigos continuariam vindo em direção ao jogador, porém o jogador teria que apenas mirar nos inimigos e atirar para tentar acertá-los ao invés de plantar armadilhas.

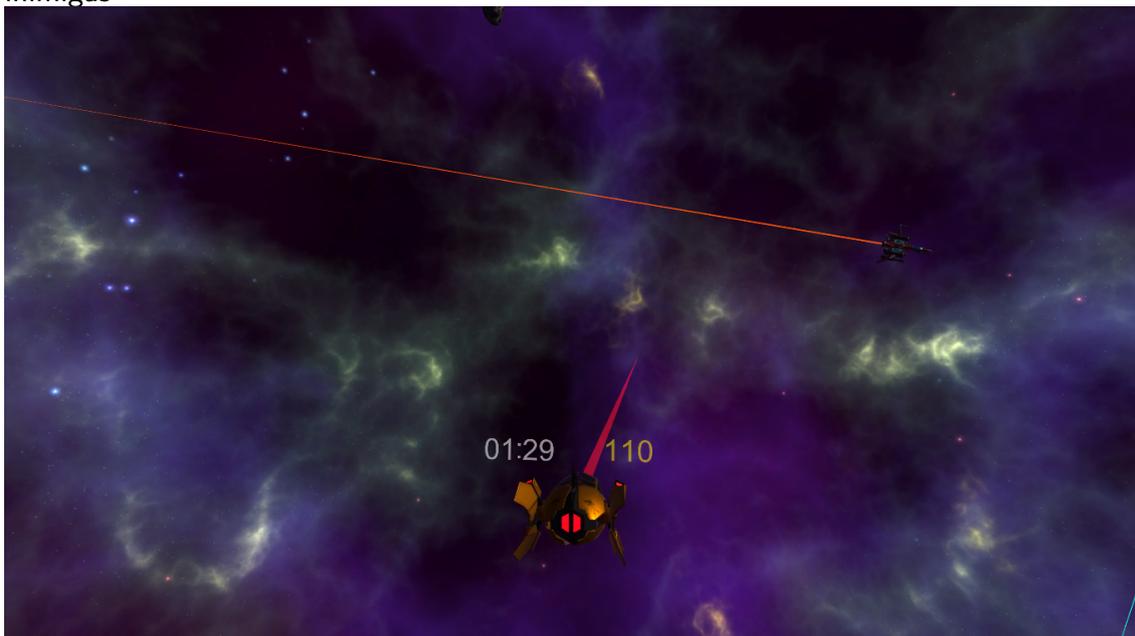
Entretanto, saber as possíveis rotas de onde os inimigos viriam, tirava um pouco da diversão do jogo. Então, baseado em Space Invaders (lançado em 1978 pela Atari Inc.) e inspirado na falta de pesquisas sobre sensação de presença de jogos em RV cujo cenário simula lugares extremamente diferentes do que habitamos, a floresta foi trocada para o espaço sideral. A fada foi trocada por um drone atirador com o intuito de seguir o tema espacial futurístico.

Inicialmente, as naves inimigas se moviam na direção do jogador e o mesmo tinha que destruí-las. O movimento das naves era reto do ponto onde elas surgiam até chegar no jogador, dificultando sua visualização. Então, seu movimento foi trocado por outro em espiral. O percurso em espiral das naves tinha como centro o jogador e seu raio diminuía com o tempo, chegando mais perto do mesmo. Para facilitar a localização das naves pelo jogador, uma longa linha é exibida como rastro por onde as naves passam, como pode ser visto na Figura 3.2.

Inspirado em Asteroids (lançado em 1979 pela Atari Inc.), asteroides foram adicionados no jogo. Ao contrário das naves, esses objetos são lentos e fáceis de acertar e, por isso, pontuam menos criando um ponto de decisão para os jogadores que precisam decidir se preferem utilizar o tempo de jogo destruindo alvos fáceis por poucos pontos ou difíceis por mais pontos.

Um aspecto do jogo que precisou ser revisado muitas vezes foi o tiro. Inicialmente

Figura 3.2: Screenshot da versão final do jogo, mostrando o rastro deixado pelas naves inimigas



Fonte: O Autor

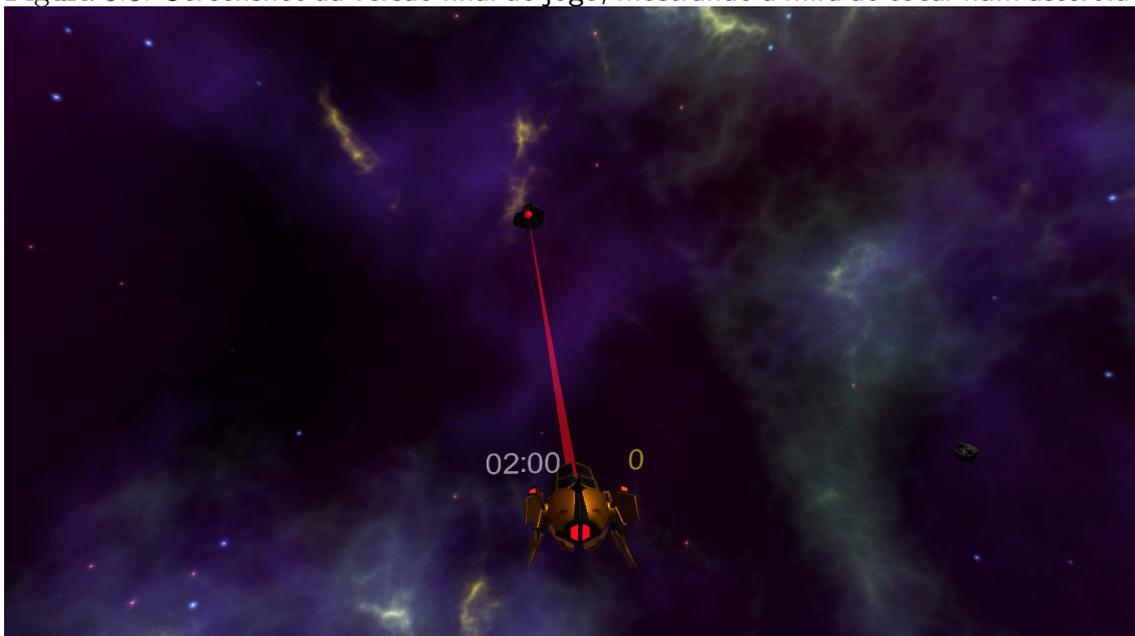
não existia *mira*³ e o jogador podia ficar atirando sem parar enquanto pressionasse o botão de atirar e, assim, o rastro deixado pelos tiros simulava uma mira atrasada. Mas conforme o feedback dos testes preliminares, isso se tornara muito frustrante. O jogador precisava calcular o percurso do tiro e atirar muitas vezes até conseguir acertar um alvo em movimento.

Sendo assim, a mira foi criada como um feixe de luz, usado para apontar para os alvos. Posteriormente, realizou-se um aprimoramento no qual o feixe de luz, ao colidir com um objeto, também passou a deixar uma área brilhante, o que proporcionou feedback se o feixe está ou não passando pelo objeto, como pode ser visto na Figura 3.3. Após a implementação da mira, atirar continuamente perdeu o sentido. Com isso, esta mecânica foi trocada para que o jogador só atirasse uma vez ao pressionar o devido botão e precisasse pressionar novamente para outro tiro. Nesse momento também, os controles Razer Hydra foram trocados por controles Oculus Touch, dando mais precisão nos movimentos e aumentando a área que poderia mover as mãos no jogo.

O jogo precisava de um tempo limite para que pudessem ser feitos vários experimentos. Dessa forma, a opção do jogador perder o jogo foi trocada por um tempo limite de jogo, onde o jogador deveria fazer o máximo de pontos possível e não havia

³Como o termo *mira* é muito utilizado no trabalho, vale ressaltar que se refere ao feixe de luz que sai da frente do drone e aponta para os alvos.

Figura 3.3: Screenshot da versão final do jogo, mostrando a mira ao tocar num asteroide



Fonte: O Autor

derrota. Esse tempo é de 2 minutos.

Figura 3.4: Comparação das duas cores de mira



Fonte: O Autor

A última mecânica mudada no jogo foi a mira, que antes podia ser ligada e desligada. Na versão final, a partir do feedback dos testes preliminares, optou-se por manter a mira sempre ligada e exigir que o jogador troque de cor conforme a cor da nave que deseja destruir (como pode ser visto na Figura 3.4). Com isso, as naves que antes eram de várias cores, passaram a ser azuis ou vermelhas (como pode ser visto na Figura 3.5) e o jogador precisa escolher a cor certa para destruir cada nave. A cor azul ligada destrói apenas naves azuis e asteroides e a cor vermelha, apenas naves vermelhas e asteroides.

Figura 3.5: Screenshot da versão final do jogo, mostrando as duas cores de nave



Fonte: O Autor

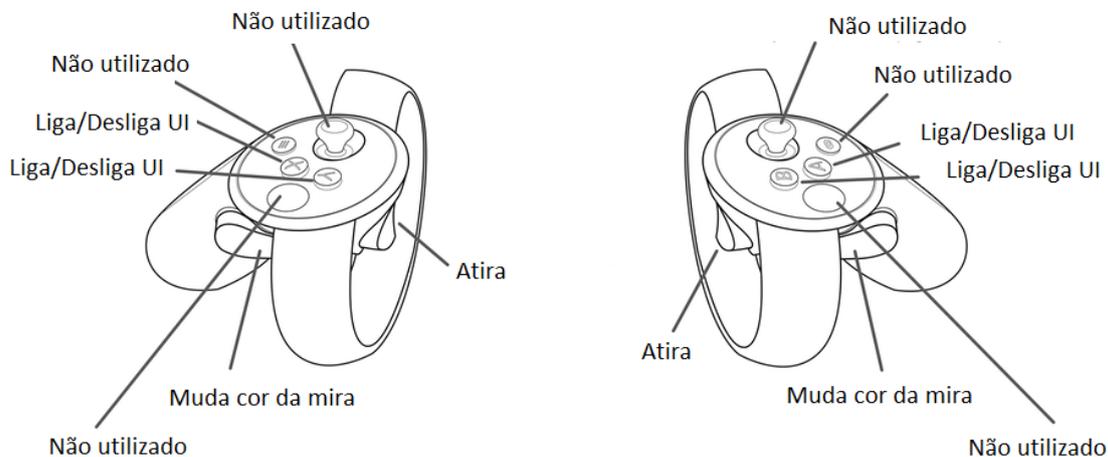
Após a definição do design final do jogo, foram criadas versões para diferentes plataformas e formas de interação, com o intuito de investigar as hipóteses definidas. A seguir são apresentadas as diferentes versões do jogo:

- Versão tablet ou celular que utiliza o giroscópio para visualizar e o toque na tela para atirar;
- Versão HMD que utiliza os dois controles Oculus Touch permitindo tiros simultâneos com as duas mãos;
- Versão HMD que utiliza o controle do XBox com arma presa na câmera;
- Versão HMD que utiliza os dois controles Razer Hydra permitindo tiros simultâneos com as duas mãos;
- Versão HMD que utiliza os controles Razer Hydra arma presa na câmera;
- Versão PC que utiliza apenas o teclado;
- Versão PC que utiliza o controle de XBox;
- Versão PC que utiliza o controle Razer Hydra;

A jogabilidade é a mesma, independente da versão. Para o experimento foram escolhidas quatro versões do jogo, que serão melhor explicadas nas Subseções 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 e 3.1.4. Para as versões HMD escolhidas, os controles podem ser vistos na Figura 3.6. Já para as duas versões PC, o botão esquerdo do mouse atira, o direito

troca a cor da mira e a barra de espaço desliga ou liga a UI, ou seja fazem com que a pontuação e o tempo sumam ou apareçam.

Figura 3.6: Controles Touch Rift utilizados na versão do jogo com o HMD



Fonte: O Autor

3.1.1 Versão 1: RV com mira livre

Essa versão do jogo é a combinação de outras duas, uma feita para canhotos e outra para destros. Elas utilizam o HMD e um controle Oculus Touch a escolha do jogador (direito ou esquerdo). Veja a Figura 3.7.

A câmera fica presa ao HMD e acompanha o movimento da cabeça do usuário.

Para o movimento do drone, o mesmo fica preso ao controle e acompanha o movimento da mão. Assim, o drone pode rotacionar e transladar conforme a vontade do jogador.

A mira neste caso é livre, sempre apontando para onde o controle aponta e não dependendo da posição da câmera. Essa versão simula os principais jogos FPS para HMDs como Oculus Rift e HTC Vive, como o jogo mostrado na Seção 2.3, Arizona Sunshine.

3.1.2 Versão 2: RV com mira fixa

Essa versão utiliza o HMD e um controle Oculus Touch a escolha do jogador (direito ou esquerdo). Veja a Figura 3.7.

Figura 3.7: Participante jogando no HMD com o controle Touch



Fonte: O Autor

A câmera fica presa ao HMD e acompanha o movimento da cabeça do usuário.

Para o movimento do drone, o mesmo fica preso ao HMD e acompanha o movimento da cabeça. Assim, o drone fica fixo ao movimento da câmera.

A mira neste caso é fixa, sempre apontando para o centro da tela e dependendo da posição da câmera. Essa versão simula os principais jogos FPS para HMDs como Samsung Gear VR e Google Cardboard, como o jogo mostrado na Seção 2.3, VR Danger Zombie.

3.1.3 Versão 3: PC com mira livre

Essa versão utiliza um monitor, um mouse e um teclado. Veja a Figura 3.8.

Figura 3.8: Participante jogando no PC com teclado e mouse



Fonte: O Autor

A câmera é movimentada com o uso das teclas W,A,S e D ou das setas direcionais, a escolha do jogador.

Para o movimento do drone, o mesmo fica preso ao mouse e acompanha o movimento da mão. Assim, o drone fica fixo ao movimento da câmera.

A mira neste caso é livre, sempre apontando para a posição do cursor e podendo assim mirar em alvos que não estão no centro da tela. A mira nessa versão simula jogos *arcade*⁴ focados em testar os reflexos do jogador, com a ideia muito similar a FPS, como Fruit Ninja (lançado pela Halfbrick Studios em 2010) e iSlash Heroes (lançado pela Duello Games em 2010). Porém, nesses jogos o usuário não tem controle da câmera. Para o movimento da câmera, baseou-se nos visualizadores de mapa, como o Google Maps (lançado pelo Google em 2005), e em visualizadores de imagens, como o Windows Photo Viewer (lançado pela Microsoft em 2004), onde se pode usar as setas para se mover, caso o tamanho da imagem seja maior que o da tela.

⁴Segundo a MobbyGames (2016), é um jogo desenvolvido para ser jogado de uma forma similar aos antigos jogos arcades com uma jogabilidade frenética e viciante.

3.1.4 Versão 4: PC com mira fixa

Essa versão utiliza um monitor, um mouse e um teclado. Veja a Figura 3.8.

A câmera fica presa ao mouse e acompanha o movimento da mão do usuário.

Para o movimento do drone, o mesmo fica preso ao mouse e acompanha o movimento da mão. Assim, o drone fica fixo ao movimento da câmera.

A mira neste caso é fixa, sempre apontando para o centro da tela e dependendo da posição da câmera. A mira nessa versão simula os principais jogos FPS para desktop, como Doom (lançado pela id Software em 1993), Half-Life (lançado pela Valve Corporation em 1998) e Overwatch (lançado pela Blizzard Entertainment em 2016).

3.2 Regras de Pontuação

A pontuação foi definida de tal forma que os objetos mais difíceis de acertar valem o suficiente para que o jogador deseje destruí-los, bem como o fato de perder pontos ao errar os alvos contribui para que o jogador não atire indiscriminadamente. Sendo assim, as naves destruídas valem mil pontos, asteroides destruídos valem cem pontos e errar um alvo ou acertar uma nave com a cor errada faz com que o jogador perca dez pontos.

Tabela 3.1: Regras de pontuação do jogo desenvolvido

<i>Regras</i>	<i>Pontos ganhos</i>	<i>Pontos perdidos</i>
Nave destruída	1000	-
Asteroide destruído	100	-
Erro de alvo	-	10
Acertar nave com a cor errada	-	10

Fonte: O Autor

4 HIPÓTESES E CONTRIBUIÇÕES

As hipóteses a seguir foram definidas levando em conta possíveis contribuições para alguns aspectos a serem considerados no desenvolvimento de um bom jogo em RV. São eles: sensação de presença, usabilidade, diversão e conforto.

Vale enfatizar que nesse trabalho será utilizado o termo "jogos em RV" para as versões do jogo desenvolvido que utilizam HMD Oculus Rift e controles Oculus Touch e o termo "jogos desktop" para as versões que utilizam monitor, teclado e mouse. Porém esses termos podem ser aplicados para outros tipos de visualização e interação também.

H1: Jogos em RV (imersivos) causam maior sensação de presença do que jogos desktop (não-imersivos).

A imersão em uma experiência torna os participantes mais suscetíveis à sensação de presença, seja em um jogo, filme ou qualquer outra forma de entretenimento. Dada a imersão do HMD com controles Touch comparado com o monitor, mouse e teclado, é esperado que versão em RV do jogo proporcione uma maior sensação de presença.

H2: Jogos em RV (imersivos) causam mais alteração nos padrões biológicos do que jogos desktop (não-imersivos).

Dado que a experiência de um jogo em RV é mais realista, é esperado que as respostas fisiológicas dos jogadores sejam maiores na versão imersiva do jogo.

H3: Quanto melhor a usabilidade, maior a sensação de presença.

Em um jogo, é bom que se possa responder a interação do jogador de forma não disruptiva e sugerir discretamente como interagir. Assim, quanto menos o jogador precisar pensar em como interagir maior deve ser a sua sensação de presença no jogo.

H4: O desempenho no jogo do experimento é maior com mira livre do que com mira fixa.

Levando em conta que o jogo desenvolvido é um FPS (First Person Shooter) com alvos em movimento, o fato de poder parar a câmera num local adequado e apenas guiar a mira com a mão, cria maior facilidade em mirar em objetos do que quando a mira está presa a câmera.

H5: Jogadores com pouca ou nenhuma experiência em jogos desktop tem melhor desempenho nos jogos em RV.

A naturalidade dos movimentos em RV traz mais facilidade de aprendizado para leigos. Porém, alguém experiente em jogos desktop provavelmente será melhor nesta modalidade.

H6: As pessoas se divertem mais em um jogo que as faça se sentir mais presentes.

Em jogos em RV, a suspensão da descrença é muito importante para uma boa experiência. Se o jogador for lembrado que aquele mundo não é real, sua sensação de presença e diversão podem diminuir. Esta hipótese avalia se presença e diversão tem uma relação direta.

H7: A diversão depende do desempenho no jogo.

Se o objetivo do jogador for apenas aproveitar a experiência proposta e não a competição, as chances do desempenho no jogo afetar sua diversão são menores. Porém, as pessoas geralmente se cobram ao ver uma pontuação na tela, para conseguir ir o melhor o possível.

H8: A ordem de preferência quanto à diversão será: versão RV mais confortável, seguida da versão PC mais confortável, seguida da versão RV menos confortável e por último, a versão PC menos confortável.

Essa hipótese foi definida levando em conta três fatores: que HMD (Head-mounted display) é novidade, que mira fixa é desconfortável e que as pessoas priorizam conforto a novidade na hora de avaliar qual é mais divertido.

H9: Jogos de tiro com alvos em movimento causam mais desconforto com arma presa a câmera do que com a arma presa a mão.

Considerando o cansaço e o enjoo como características de desconforto, o jogador cansa e enjoa mais de ter que girar a tela o tempo todo, graças a mira estar sempre no centro da tela, do que poder parar a câmera num local adequado e apenas guiar a mira.

H10: Jogos de tiro com alvos em movimento causam mais cybersickness na versão desktop (não-imersivo) do que na versão RV (imersivo).

Conforme a literatura, o uso do HMD causa cybersickness em muitos usuários. Porém, ao testar informalmente o jogo foi notado que mira fixa do desktop pode causar mais cybersickness que mira livre no HMD.

H11: Mira livre tem melhor a usabilidade que mira fixa para os jogos RV.

Levando em conta a facilidade de uso, espera-se que seja mais fácil aprender e usar mira livre. Poder olhar para um ângulo e mirar para um lugar diferente do centro da tela, traz mais naturalidade na interação.

5 EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido com o objetivo de verificar as hipóteses previamente definidas. Para isso, o jogo foi testado em quatro diferentes condições com dois minutos de duração, apresentadas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1: Condições de teste

<i>Condição</i>	<i>Interação e visualização</i>	<i>Tipo de mira</i>
C1	HMD com controle Touch	livre
C2	HMD com controle Touch	fixa
C3	PC com teclado e mouse	livre
C4	PC com teclado e mouse	fixa

Fonte: O Autor

5.1 Variáveis

As seguintes variáveis dependentes objetivas foram consideradas:

- pontuação final;
- acertos em alvos rápidos (tiros em naves);
- acertos em alvos lentos ou parados (tiros em asteroides);
- erros (tiros que não interceptaram objetos);
- total de tiros (acertos somados aos erros);
- frequência cardíaca;
- condutividade da pele;

As variáveis dependentes subjetivas são:

- Cybersickness;
- Presença;
- Usabilidade.

As variáveis independentes são:

- grupo do usuário, conforme Tabela 5.2;
- tipo de mira utilizada;
- interação e visualização.

Tabela 5.2: Grupos de usuários, conforme sua experiência em jogos desktop

<i>Grupo</i>	<i>Classificação</i>	<i>Número de participantes</i>
G1	Não-experientes ou pouco experientes	8
G2	Experientes	8

Fonte: O Autor

5.2 Participantes

Um total de 16 pessoas sem *limitações motoras*¹ participaram do experimento, sendo 9 do sexo masculino e 7 do sexo feminino. A faixa etária dos participantes foi de 19 a 53 anos, com idade média de 28,6 anos e desvio padrão de 12,2. Quanto ao grau de instrução, 6,3% tinham o ensino médio completo e não eram estudantes, 62,4% eram estudantes de ensino superior, 18,8% tinham ensino superior completo e 12,5% eram estudantes de pós-graduação.

Quanto à problemas de visão, ninguém possuía daltonismo, 7 não possuíam quaisquer problemas de visão, 2 possuíam apenas astigmatismo, 1 possuía apenas miopia, 3 possuíam astigmatismo e miopia, 2 possuíam astigmatismo e hipermetropia, 1 possuía apenas presbiopia e 1 possuía apenas 0,02% de visão no olho direito.

Quanto à experiência em RV, os participantes se autoavaliaram e obteve-se que 5 deles eram muito inexperientes, 8 deles eram inexperientes, 2 deles eram pouco inexperientes, apenas 1 era experientes e nenhum era muito experiente.

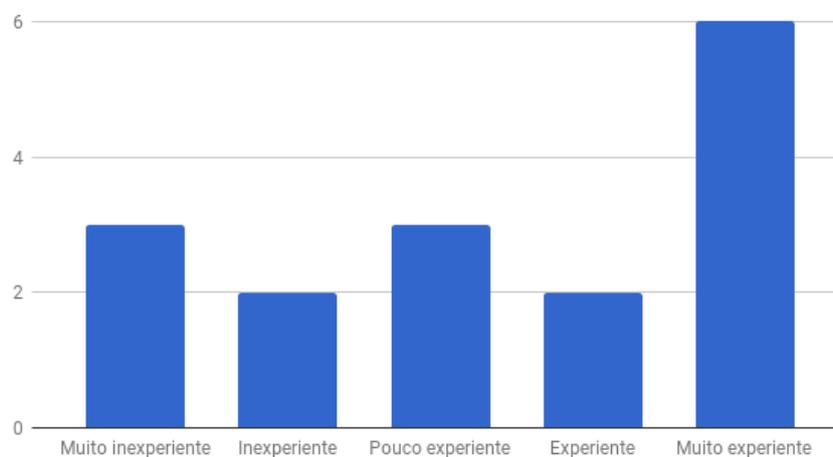
Quanto à experiência em jogos para PC, os participantes foram divididos em dois grupos com base nas respostas da pergunta "Quão experiente você se considera em jogos para Desktop?" como visto na Figura 5.1 e na Tabela 5.2. Participantes que responderam muito inexperiente, inexperiente ou pouco experiente ficaram no grupo G1 e os outros participantes, no grupo G2.

5.3 Materiais e Equipamentos

O motor de jogos 3D Unity 5.6.0f3 foi utilizado para o desenvolvimento de todas as versões do jogo. Para os testes, foi utilizado um PC Dell XPS 8900 com as seguintes configurações: processador 3.4 GHz Intel Core i7-6700, 16 Gb de memória RAM, e uma placa de vídeo AMD Radeon R9 370 de 4Gb. Nas condições C1 e C2, foi utilizado o HMD Oculus Rift CV1 para a visualização e foi utilizado o controle Oculus Touch

¹Limitações de funcionamento no sistema ósseo-articular, muscular e/ou nervoso.

Figura 5.1: Experiência em jogos de PC dos participantes



Fonte: O Autor

(esquerdo ou direito, dependendo da preferência do participante) para a interação. Já nas condições C3 e C4, foi utilizado um monitor Dell 21,5" (modelo D2216H) para a visualização e foram utilizados um teclado Microsoft Wired Keyboard 600 e um mouse Logitech M100 para a interação. Para as medidas fisiológicas, foi utilizado o BITalino (r)evolution¹.

A Unity é um motor de jogos gratuito e bastante popular, que reúne diversas ferramentas que facilitam e agilizam o desenvolvimento de jogos e programas para desktops, smartphones, tablets e até mesmo para realidade virtual e aumentada. O motor foi escolhido para o projeto principalmente devido a sua ótima compatibilidade com o Oculus Rift, facilidade oferecida para o desenvolvimento de um jogo e grande comunidade que utiliza esse motor para procura de soluções de possíveis problemas que podiam ser encontrados.

O Oculus Rift (vide Figura 5.2) é um HMD desenvolvido e fabricado pela empresa Oculus VR. O HMD possui um sistema de rastreamento de posição do aparelho, que é composto por um sensor estacionário infravermelho USB que captura a luz que é emitida pelos LEDs IV que são integrados no dispositivo. Isso possibilita a criação de um espaço 3D, permitindo que o usuário use o Rift enquanto estiver sentado, de pé, ou caminhando pela área em que se localiza. Ele possui uma resolução de 1080 x 1200 pixels em ambas as lentes do visor em OLED, com uma taxa de atualização de 90 Hz e um ângulo de visão de 110 graus.

O controle Oculus Touch (vide Figura 5.3) é um par de controladores que oferece

¹<http://bitalino.com/>

Figura 5.2: Oculus Rift



Fonte: <https://pisces.bbystatic.com/>

Figura 5.3: Controles Oculus Touch

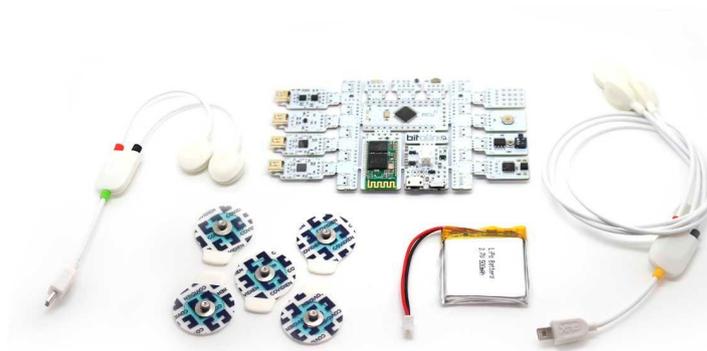


Fonte: <https://www.vrheads.com/>

a presença intuitiva das mãos na realidade virtual, com a sensação de que suas mãos virtuais são suas mãos de verdade. O mesmo pode ser utilizado apenas como um joystick comum também. Esses controles possuem o mesmo sistema de rastreamento do Oculus Rift.

O BITalino (vide Figura 5.4) é um kit versátil composto de hardware e software de baixo custo que permite desenvolver projetos e aplicações envolvendo a aquisição de dados fisiológicos. O BITalino possui diversos sensores, mas os que são importantes nesse trabalho são os sensores que permitem a Eletrocardiografia (ECG) e o monitoramento da Atividade Eletrodermal (EDA).

Figura 5.4: BITalino (r)evolution Board Kit



Fonte: <http://bitalino.com/images/hardware/KIT-REV-BOARD-BT-UCE6.jpg>

5.4 Métricas

Neste trabalho, foram usadas medidas objetivas (desempenho), subjetivas (presença, conforto, usabilidade e diversão) e medidas fisiológicas (frequência cardíaca e condutividade da pele). As medidas subjetivas foram coletadas através da aplicação de questionários (Apêndices A, B, C e D).

5.4.1 Desempenho no jogo

O desempenho no jogo é obtido a partir de dados salvos em um arquivo texto gerado pela Unity no final de cada partida. Nesse arquivo é registrada a pontuação, os acertos em alvos rápidos, os acertos em alvos lentos ou parados, os erros e o total de tiros de cada partida.

5.4.2 Presença

Para medir presença foi utilizado o questionário Slater-Usoh-Steed (Usoh et al., 2000), também conhecido por SUS. Esse questionário recebe o nome de seus criadores e foi desenvolvido por Slater, Usoh e Steed em 1994, onde propuseram que fatores externos e internos contribuam para a presença. Eles identificaram fatores externos com base em pesquisas existentes. Esses fatores foram a qualidade e resolução de exibições,

consistência de ambiente, interatividade, auto-representação realista e conexão simples entre atores e efeitos. Os fatores internos foram identificados com base em um modelo de Programação Neuro Linguística. Esses fatores foram o sistema de apresentação primária (visual, auditivo ou cinestésico) e a posição perceptiva (egogênica ou exógena). O questionário SUS passou por algumas mudanças e atualmente consiste em seis itens avaliados em uma escala de classificação de sete pontos.

5.4.3 Conforto

Para medir o grau de conforto no jogo foi utilizado o Simulator Sickness Questionnaire (Kennedy et al., 1993), também conhecido como SSQ. Os criadores desse questionário usaram mais de mil conjuntos de dados anteriores e, através de algumas análises, apresentaram uma lista de 27 sintomas comumente experimentados por usuários de sistemas de realidade virtual. Cada item é classificado com a escala de nenhum, leve, moderado a grave. Para calcular uma pontuação de cybersickness, os sintomas são divididos em três subconjuntos. O subconjunto relacionado à náusea (N), o subconjunto relacionado ao oculomotor (O), o subconjunto relacionado à desorientação (D) são as pontuações dos sintomas para os aspectos específicos.

Total Score (TS) é a pontuação que representa a gravidade geral do cybersickness experimentada pelos usuários dos sistemas de realidade virtual e é calculado da seguinte forma:

$$\text{Total Score} = (9.54*N + 7.58*O + 13.92*D) * 3.74$$

5.4.4 Usabilidade

Para medir a usabilidade, o questionário System Usability Scale (Brooke, 1996) foi escolhido. O Questionário System Usability Scale usa a sigla SUS, porém para esse trabalho, esta sigla será SUS* afim de não confundir o leitor com o questionário de presença.

O SUS* trata-se de um questionário composto por 10 itens, com 5 opções de respostas. Segundo Sauro (2009), conforme citado por Boucinha e Tarouco (2013), "SUS* é uma tecnologia independente e já foi testado em hardware, software de consumo, sites, telemóveis, URAs e até páginas amarelas. Tornou-se um padrão da indústria

com referências em mais de 600 publicações". O participante que responde ao questionário SUS*, assinala sua resposta numa escala Likert que varia de Discordo totalmente a Concordo totalmente.

Segundo Texeira (2015), é recomendável adaptar as perguntas do SUS* para o contexto de cada produto. Assim, nesse trabalho foram definidas e adaptadas 10 perguntas do SUS* para o adequado entendimento e avaliação dos participantes.

A pontuação final do questionário SUS* é chamada de índice de satisfação, cuja escala vai de 0 a 100. Para calcular este índice, converte-se Discordo totalmente para 0 a Concordo totalmente para 4. Tem-se o seguinte cálculo:

$$\text{Índice de satisfação} = (P + Q) * 2.5$$

Onde Q é a soma de cada resposta de pergunta ímpar, e P é a soma de cada resposta de pergunta ímpar subtraído de quatro. Ou seja, se foi respondido 3 numa pergunta par, o mesmo valera $4-3=1$.

Segundo Texeira (2015) e Boucinha e Tarouco (2013), a pontuação aceitável no System Usability Score é igual ou maior a 68 pontos". Se obtido menos pontos do que isso, provavelmente o sistema em questão está enfrentando problemas sérios de usabilidade.

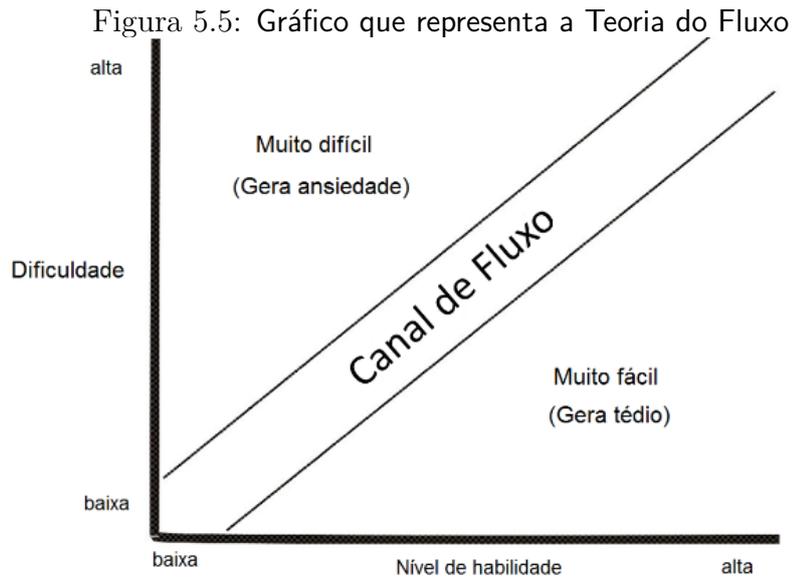
5.4.5 Diversão

Para medir diversão, levou-se em conta um modelo que auxilia na verificação do balanceamento do jogo, a Teoria do Fluxo. Um resumo da teoria pode ser vista na Figura 5.5.

Como foi explicado por Reis (2016), "o canal de fluxo é o espaço entre o tédio e a ansiedade em que ocorre a diversão, isto é, a experiência de puro entretenimento onde a pessoa mergulha na diversão. Para projetar diversão, portanto, é preciso entender o nível de habilidade do jogador (eixo X) e oferecer desafios de dificuldade adequada (eixo Y) para assim mantê-lo motivado."

Alguns jogos são difíceis e divertidos, se encontram no canal de fluxo, porém mais perto do perímetro de ansiedade (por exemplo, jogos competitivos de estratégia). Outros jogos são fáceis e divertidos, se encontram no canal de fluxo, porém mais próximos do perímetro de tédio (por exemplo, jogos casuais de quebra-cabeça).

Para avaliar diversão, perguntas do questionário The Game Experience Questionnaire (IJsselsteijn et al., 2013) foram selecionadas levando em conta a Teoria do



Fonte: <http://www.fabricadejogos.net/>

Fluxo:

- 1. O jogo foi divertido?
- 2. O jogo foi frustrante?
- 3. O jogo foi entediante?
- 4. Me senti feliz enquanto jogava?
- 5. Fiquei tão focado que esqueci do mundo fora do jogo enquanto jogava?

Para calcular o índice de diversão, converte-se Discordo totalmente para 0 a Concordo totalmente para 4, como no SUS*. As respostas das perguntas 1, 4 e 5 são somadas em Q e as respostas das perguntas 2 e 3 são somadas em P da mesma maneira que no SUS*. Assim, tem-se o seguinte cálculo:

$$\text{Índice de diversão} = (P + Q) * 5$$

A pontuação final deste questionário vai de 0 a 100.

5.4.6 Medidas Fisiológicas

As medidas fisiológicas, utilizadas nesse trabalho, foram a atividade eletrodermal (EDA) e os batimentos cardíacos (ECG), obtidos a partir BITalino. Essas medidas foram utilizadas pois, conforme a literatura, possuem forte relação com o grau diversão, engajamento e sensação de presença.

Segundo a Netto (2010), a Eletrocardiografia (ECG) é uma técnica de monitora-

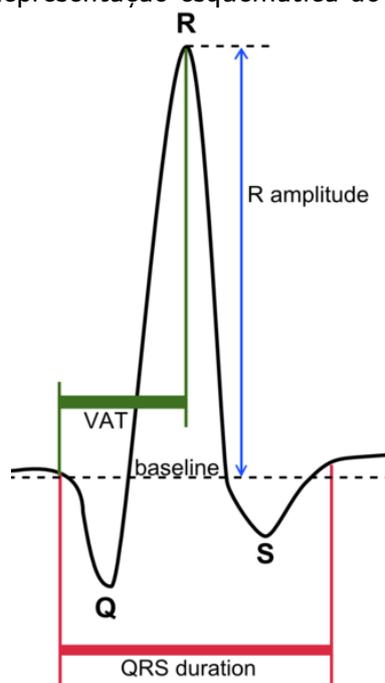
mento da atividade do coração, a qual utiliza a variação dos potenciais elétricos gerados pela atividade elétrica do coração ao longo do tempo. Os batimentos cardíacos são desencadeados por sinais bioelétricos de baixa amplitude gerados por um conjunto especial de células no coração. A ECG permite a tradução desses sinais elétricos em valores numéricos, permitindo que eles sejam usados em uma ampla gama de aplicações.

A ECG retorna uma lista de valores brutos (VB) entre 0 e 1024 e seus respectivos tempos, onde cada valor é convertido para frequência cardíaca (FC) entre -1.5mV e 1,5mV a partir do cálculo abaixo:

$$FC = (((VB / 1024) - 0,5) * 3,3) / 1100) * 1000$$

Na lista resultado, aplica-se o Algoritmo de Detecção de Complexos QRS (Pan-Tompkins, 1985), que retorna o número de batimentos por minuto médio a partir do reconhecimento de complexos QRS, como representados na Figura 5.6.

Figura 5.6: Representação esquemática do complexo QRS



Fonte: Häggström, Mikael (2014). "Medical gallery of Mikael Häggström 2014"

Segundo a ICN Agency (2017), a Atividade Eletrodermal (EDA), também chamada de Resposta Galvânica da Pele (GSR – Galvanic Skin Response) ou Condutância Dérmica (SC – Skin Conductance), é uma técnica utilizada para medir a excitação das pessoas. Ela mede a atividade das glândulas sudoríparas das palmas das mãos por meio da medida das variações na condução de eletricidade sob a superfície da pele. A secreção das glândulas sudoríparas é um processo que permite que o corpo humano controle sua temperatura, mas também é associado a atividade do sistema nervoso simpático.

Sempre que um humano fica excitado (por exemplo, nervoso) ou relaxado, esse estado é parcialmente traduzido para a produção ou inibição de suor nas glândulas das palmas das mãos e pés. Esse suor muda a resistência da pele. O monitoramento da atividade eletrodermal (EDA) permite a tradução da resistência da pele para valores numéricos, permitindo seu uso em uma ampla variedade de aplicações. Usos conhecidos dessa medida incluem o mapeamento emocional e o teste de polígrafo (também conhecido como detector de mentiras).

5.5 Procedimento

A ordem de realização dos testes foi definida tendo como base a técnica de amostragem quadrado latino, que pode ser vista na Tabela 5.3. Um quadrado latino é uma matriz quadrada preenchida com diferentes símbolos, onde cada símbolo ocorre exatamente uma vez em cada linha ou coluna. O quadrado latino foi usado nesse experimento como tentativa de minimizar erros experimentais.

Tabela 5.3: Ordem das condições aplicadas utilizando o quadrado latino

<i>Participantes</i>	<i>Ordem das Condições</i>
1,5,9,13	C1 C2 C3 C4
2,6,10,14	C2 C1 C4 C3
3,7,11,15	C3 C4 C1 C2
4,8,12,16	C4 C3 C2 C1

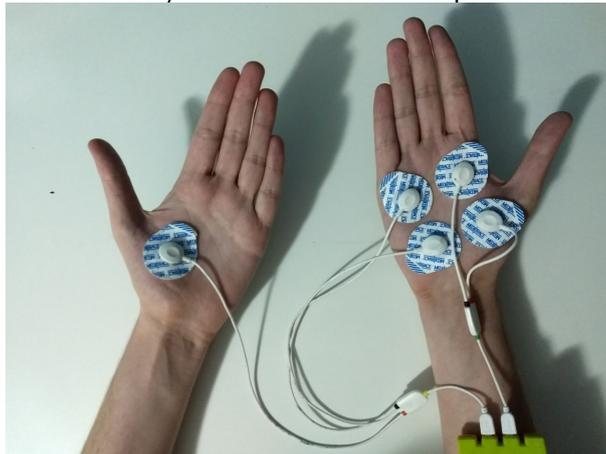
Fonte: O Autor

Cada participante iniciou aceitando o Termo de Consentimento (Apêndice A) e em seguida respondendo um questionário de caracterização e um questionário SSQ de conforto (Apêndice B). Logo após, sensores para medição da frequência cardíaca e a condutância da pele foram fixados nas palmas de suas mãos (Figura 5.7). O participante permaneceu 2 minutos em repouso para registro das medidas basais.

Posteriormente, o participante joga quatro partidas do jogo (uma para cada condição de interação e visualização), conforme a ordem dada pelo quadrado latino. Cada condição é precedida de até dois minutos de ambientação e sucedida dos questionários SSQ, SUS e um para avaliar diversão, todos referentes a condição testada (Apêndice C).

Após a conclusão das 4 condições, foi aplicado o questionário SUS* para avaliar a usabilidade do jogo e preferência dos participantes em relação a cada condição (Apêndice D). O tempo total do experimento foi de cerca de 45 minutos por pessoa.

Figura 5.7: Posição dos eletrodos nas palmas das mãos



Fonte: O Autor"

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sobre cada um dos aspectos abordados no experimento, foi aplicado o teste Shapiro para verificar se tinham ou não distribuição normal. Para os dados com distribuição normal, foi utilizado teste de hipótese t-student. Caso contrário, foi utilizado o teste de Wilcoxon (Apêndice E).

6.1 Usabilidade

A avaliação subjetiva mostrou que os participantes apresentaram um índice de satisfação médio acima de 68 pontos, na escala SUS*, independente da versão do jogo. A percepção sobre a usabilidade de cada versão do jogo é apresentada na Figura 6.1).

Houve diferenças significativas entre todas condições exceto entre C2 e C4, como pode ser visto na Tabela 6.1. Podemos ver que C1 obteve a melhor avaliação no teste, com índice de satisfação médio 92,03 (desvio padrão 5,93). Seguido de C2, com 85,78 (desvio padrão 10,63) e C4, com 81,88 (desvio padrão 20,93). A pior avaliação foi para C3 com 68,75 (desvio padrão 22,38), que ficou muito pouco acima de 68.

Tabela 6.1: Diferenças estatísticas entre condições aplicando Wilcoxon 5% sob o resultado SUS*

<i>Condições</i>	<i>valor p</i>
C1 e C2	0,004915
C1 e C3	3,142e-05
C1 e C4	0,08459
C2 e C3	0,01616
C3 e C4	0,008049

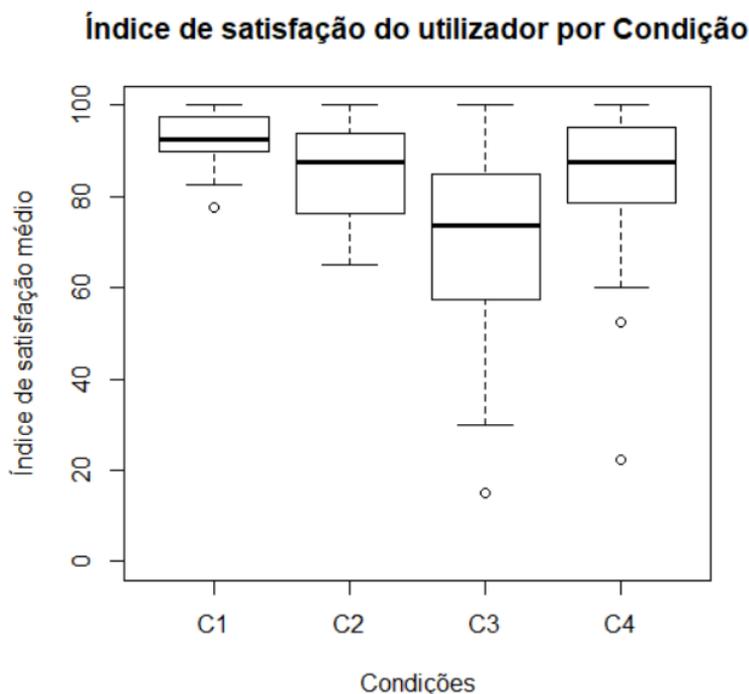
Fonte: O Autor

Vale relatar que as pessoas que não tinham experiência com jogos desktop, tiveram muita dificuldade em controlar o drone do jogo usando as duas mãos ao mesmo tempo, que era muito mais necessário na C3 do que nas outras condições.

Com isso, a hipótese H11, que afirmava que mira livre tem melhor a usabilidade que mira fixa para os jogos RV, pode ser validada, visto que C1 obteve um índice de satisfação maior que C2. Porém o mesmo não pode ser dito para jogos desktop, visto que C3 obteve o pior índice de satisfação. Os participantes tiveram muita dificuldade em se acostumar com o movimento da câmera utilizando o teclado.

Uma pergunta foi feita no pós-questionário para que as pessoas comparassem as diferentes versões do jogo em relação a facilidade de uso. Houve diferença significativa

Figura 6.1: Boxplots mostrando a relação dos índices de satisfação (SUS*) dos participantes por condição



Fonte: O Autor

entre as respostas de todas as condições nessa pergunta, como pode ser visto na Figura 6.2 e na Tabela 6.2. Apenas entre C2 e C4 a diferença não foi significativa. Reforçando o que foi visto, essa pergunta teve C1 como mais fácil de usar (média 4,75 e desvio padrão 0,58), seguido de C4 (média 4,00 e desvio padrão 1,32) e C2 (média 3,75 e desvio padrão 1,24) sem diferença significativa entre elas, e o mais difícil de usar foi considerado C3 (média 2,56 e desvio padrão 1,31).

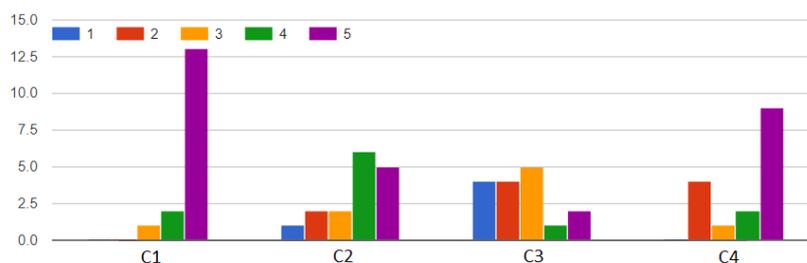
Tabela 6.2: Diferenças estatísticas entre condições aplicando t-student 5% sob a pergunta de facilidade de uso do pós-questionário

<i>Condições</i>	<i>valor p</i>
C1 e C2	0,007984
C1 e C3	5,233e-06
C1 e C4	0,04955
C2 e C3	0,01337
C3 e C4	0,004291

Fonte: O Autor

Figura 6.2: Respostas para a pergunta de facilidade de uso do pós-questionário

Levando em consideração as quatro versões do jogo, que nota você daria para a FACILIDADE DE USO em cada versão? (1 = nada fácil, 5 = muito fácil)



Fonte: O Autor

Tabela 6.3: Médias do questionário SUS e seus desvios padrão para C1

Pergunta	Média	Desvio
1. Indique o quanto pareceu que você esteve no ambiente virtual.	5,88	1,15
2. Indique o quanto a experiência pareceu real.	4,44	1,93
3. Você lembra do ambiente virtual mais como imagens que viu ou mais como um local que visitou?	4,13	2,39
4. Durante o teste, sua sensação mais forte foi de estar na sala onde está agora ou no local simulado pelo sistema?	5,81	1,68
5. Qual a similaridade dessa lembrança em relação à lembrança de outros lugares reais que você esteve hoje?	3,94	2,05
6. Em algum momento você pensou que realmente estava no local simulado pelo sistema?	4,00	2,13
Média SUS	4,7	1,89

Fonte: O Autor

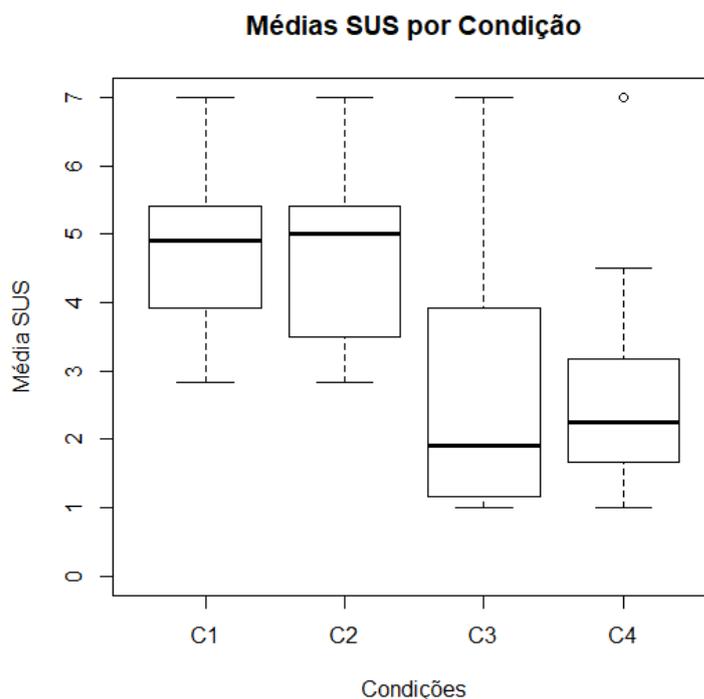
6.2 Presença

A avaliação subjetiva mostrou que os participantes apresentaram uma alta sensação de presença, como eles mesmos relataram nas respostas ao questionário de presença, nas condições C1 e C2, e uma sensação menor para C3 e C4. Isso é indicado pela sua pontuação média e seus desvios padrão no questionário SUS (veja a Figura 6.3 e as Tabelas 6.3, 6.4, 6.5 e 6.6).

Considerando os resultados do questionário de presença, não houve diferença significativa entre C1 e C2, nem entre C3 e C4. Este fato poderia ser explicado porque ao utilizar o mesmo tipo de visualização, a presença é semelhante.

Porém, se compararmos a sensação de presença entre diferentes formas de visualização, houve diferenças significativas. Como pode ser visto entre C1 e C3 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,0007798$), entre C1 e C4 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,0002514$), entre

Figura 6.3: Boxplots mostrando a relação do score no questionário SUS para cada condição



Fonte: O Autor

C2 e C3 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,001394$) e entre C2 e C4 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,0003559$).

Com isso a hipótese H1, que afirmava que jogos em RV (imersivos) causam maior sensação de presença do que jogos desktop (não-imersivos), pode ser validada. Como podemos ver ao compararmos as médias SUS de jogos em RV (C1 e C2) com jogos desktop (C3 e C4), temos médias maiores para RV.

Para validar H3, que diz que quanto melhor a usabilidade, maior a sensação de presença, é preciso lembrar dos resultados da seção anterior. Vemos que C1 foi considerado o mais fácil de usar e o que mais causou sensação de presença, seguida de C2. Em seguida vem C4 e a pior avaliação para os dois casos foi para C3. Então H3 é aceita.

Uma pergunta foi feita no pós-questionário para que as pessoas comparassem as diferentes versões do jogo em relação à presença. Assim como na análise de usabilidade, a diferença de sensação de presença entre os jogos em RV não foi significativa, e o mesmo ocorreu entre os jogos desktop, como pode ser visto na Figura 6.4. Porém se compararmos a sensação de presença entre diferentes formas de visualização, houve diferenças significativas, comprovando ainda mais o que foi apresentado no questionário

Tabela 6.4: Médias do questionário SUS e seus desvios padrão para C2

<i>Pergunta</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio</i>
1. Indique o quanto pareceu que você esteve no ambiente virtual.	5,56	1,36
2. Indique o quanto a experiência pareceu real.	4,63	1,89
3. Você lembra do ambiente virtual mais como imagens que viu ou mais como um local que visitou?	4,38	2,09
4. Durante o teste, sua sensação mais forte foi de estar na sala onde está agora ou no local simulado pelo sistema?	5,63	1,71
5. Qual a similaridade dessa lembrança em relação à lembrança de outros lugares reais que você esteve hoje?	4,25	2,35
6. Em algum momento você pensou que realmente estava no local simulado pelo sistema?	3,63	2,36
Média SUS	4,68	1,96

Fonte: O Autor

Tabela 6.5: Médias do questionário SUS e seus desvios padrão para C3

<i>Pergunta</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio</i>
1. Indique o quanto pareceu que você esteve no ambiente virtual.	2,50	2,19
2. Indique o quanto a experiência pareceu real.	2,31	2,09
3. Você lembra do ambiente virtual mais como imagens que viu ou mais como um local que visitou?	3,13	2,63
4. Durante o teste, sua sensação mais forte foi de estar na sala onde está agora ou no local simulado pelo sistema?	3,13	2,33
5. Qual a similaridade dessa lembrança em relação à lembrança de outros lugares reais que você esteve hoje?	2,38	1,93
6. Em algum momento você pensou que realmente estava no local simulado pelo sistema?	2,06	1,77
Média SUS	2,58	2,16

Fonte: O Autor

SUS. Podemos ver diferenças significativas entre C1 e C3 (Wilcoxon 5%, valor $p = 8,161e-06$), entre C1 e C4 (Wilcoxon 5%, valor $p = 1,489e-05$), entre C2 e C3 (Wilcoxon 5%, valor $p = 2,921e-05$) e entre C2 e C4 (Wilcoxon 5%, valor $p = 5,664e-05$).

Vale relatar que aproximadamente metade dos participantes, ao comentar sobre as versões do jogo em RV, disseram que a interação com mira livre causava maior sensação de presença do que com a mira fixa, por fazer os mesmos se sentir segurando uma arma. A outra metade disse o contrário, por fazer os mesmos se sentirem como uma nave ou controlando uma nave, que fazia mais sentido para eles no espaço sideral.

6.3 Desempenho no jogo

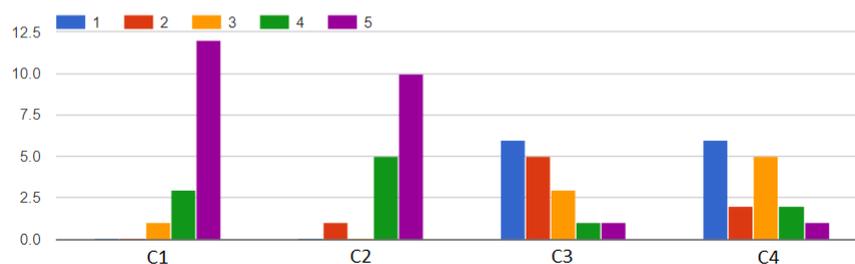
Foi avaliado que a média do desempenho de todos participantes ficou acima do que era esperado pelo autor em todas condições, pois numa versão de jogo anterior

Tabela 6.6: Médias do questionário SUS e seus desvios padrão para C4

Pergunta	Média	Desvio
1. Indique o quanto pareceu que você esteve no ambiente virtual.	3,13	1,96
2. Indique o quanto a experiência pareceu real.	2,75	1,98
3. Você lembra do ambiente virtual mais como imagens que viu ou mais como um local que visitou?	2,63	2,06
4. Durante o teste, sua sensação mais forte foi de estar na sala onde está agora ou no local simulado pelo sistema?	3,38	2,25
5. Qual a similaridade dessa lembrança em relação à lembrança de outros lugares reais que você esteve hoje?	2,25	1,73
6. Em algum momento você pensou que realmente estava no local simulado pelo sistema?	2,00	1,59
Média SUS	2,69	1,93

Fonte: O Autor

Figura 6.4: Respostas para a pergunta de presença do pós-questionário Levando em consideração as quatro versões do jogo, que nota você daria para a SENSACÃO DE ESTAR DENTRO DO JOGO em cada versão? (1 = nada presente, 5 = muito presente)



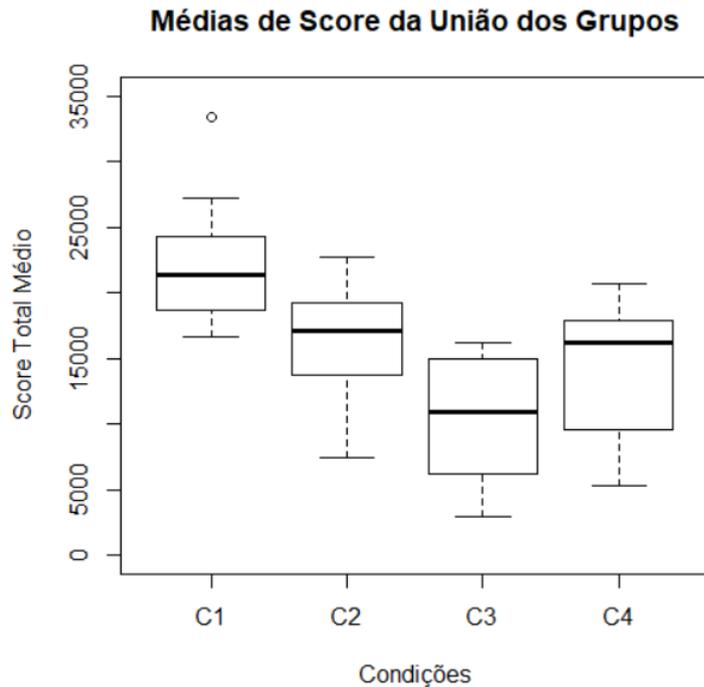
Fonte: O Autor

que foi testada não oficialmente, o desempenho foi praticamente igual e nessa versão existia apenas uma cor para ser acertada no lugar de duas, o que a princípio deixava o jogo mais fácil. O desempenho foi medido principalmente pela pontuação média e seus desvios padrão no jogo (veja a Figura 6.5), mas também pode ser visto pelo número de acertos e erros dos tiros (veja a Tabela 6.7).

Foram relacionadas as médias de todos os participantes, independente de experiência prévia em cada condição. Não houve diferença significativa apenas entre C2 e C4. Houveram diferenças significativas entre C1 e C2, (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,00106$), entre C1 e C3 (Wilcoxon 5%, valor $p = 3.327e-09$), entre C1 e C4, (Wilcoxon 5%, valor $p = 1.868e-05$), entre C2 e C3 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,001356$) e entre C3 e C4, (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,009551$).

A maior média geral foi de C1, seguido de C2 e C4 sem diferença significativa entre as mesma, e C3 obteve a pior média geral, mas é importante avaliar essas médias

Figura 6.5: Boxplots mostrando a relação dos scores de todos os participantes



Fonte: O Autor

levando em conta a experiência prévia dos participantes.

Com isso, a hipótese H4, que afirmava que o desempenho no jogo do experimento seria maior com mira livre do que com mira fixa, é rejeitada pelo fato do desempenho em C3 ser pior que C4. Porém, é possível afirmar que o desempenho neste jogo em versão RV foi melhor com mira livre do que com mira fixa e que o desempenho neste jogo em versão PC foi melhor com mira fixa do que com mira livre.

É bom relembrar a separação feita para os grupos (veja a Tabela 5.2) anteriormente. G1 são os oito participantes que se consideraram não-experientes em jogos desktop, e G2, os oito experientes. O desempenho de cada grupo foi medido pela pontuação média e seus desvios padrão no jogo em cada condição (veja a Figura 6.6).

Era esperado que os participantes com maior experiência em jogos desktop (G2) fossem melhor em todas as condições, principalmente nas condições C3 e C4. Realmente, G2 foi melhor que G1 em C3 e C4, com diferenças significativas entre as médias de cada grupo (C3: Wilcoxon 5% p-value = 0,01041 e C4: Wilcoxon 5% p-value = 0,001088), como pode ser visto na Tabela 6.7. Porém, não houve diferença significativa entre os dois grupos para as versões do jogo em RV (C1 e C2).

Avaliando apenas o grupo G1, não houve diferença significativa entre C3 e C4, ambas com os piores desempenhos médios gerais, sendo que o melhor foi em C1. As

Tabela 6.7: Médias e desvios padrão relativos ao desempenho no jogo para cada condição

Valores por condição	Média Geral	Desvio	Média G2	Desvio	Média G1	Desvio
C1						
Número de tiros	135,31	56,04	145,25	62,72	125,38	50,69
Naves Destruídas	16,94	5,16	17,00	5,07	16,88	5,59
Asteroides Destruídos	57,38	29,34	62,00	35,82	52,75	22,63
Erros	61,00	48,71	66,25	39,11	55,75	59,09
Score	22065,00	4466,83	22537,50	3980,61	21592,50	5138,09
C2						
Número de tiros	119,19	49,16	143,88	56,26	94,50	24,90
Naves Destruídas	13,19	4,12	12,88	4,82	13,50	3,59
Asteroides Destruídos	39,94	18,33	46,38	18,45	33,50	16,88
Erros	66,06	43,42	84,63	50,04	47,50	27,37
Score	16520,63	4079,99	16666,25	4089,02	16375,00	4347,65
C3						
Número de tiros	69,75	42,01	96,75	44,04	42,75	13,26
Naves Destruídas	8,50	4,23	10,63	3,16	6,38	4,24
Asteroides Destruídos	22,81	18,16	32,88	21,24	12,75	4,86
Erros	38,44	31,96	53,25	40,11	23,63	8,85
Score	10396,88	4802,64	13380,00	3051,83	7413,75	4446,50
C4						
Número de tiros	102,44	48,01	130,38	52,74	74,50	19,32
Naves Destruídas	10,94	4,23	13,38	3,25	8,50	3,78
Asteroides Destruídos	38,19	25,46	51,63	26,92	24,75	15,85
Erros	53,31	36,14	65,38	45,91	41,25	18,93
Score	14223,13	5177,78	17883,75	1803,35	10562,50	4854,64

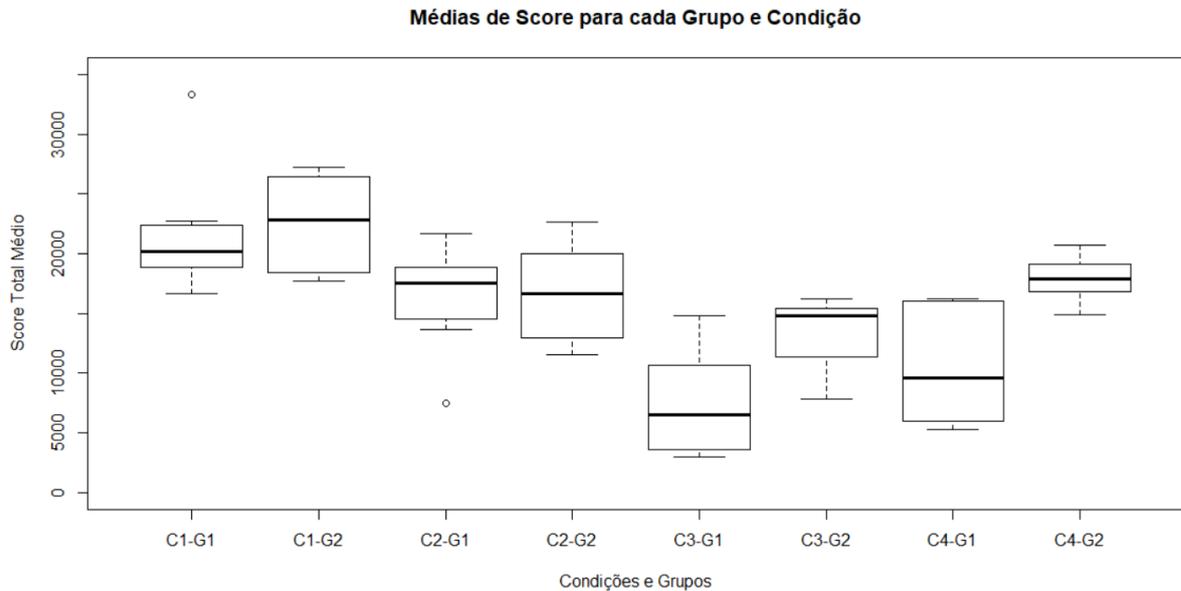
Fonte: O Autor

diferenças foram significativas entre C1 e C2 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,02813$), entre C1 e C3 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,0001554$), entre C1 e C4 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,0001554$), entre C2 e C3 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,002953$) e entre C2 e C4 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,02813$).

Com isso, pode-se aceitar H5, que dizia que jogadores com pouca ou nenhuma experiência em jogos desktop têm melhor desempenho na versão em RV, visto que os scores médios em RV (21592,5 em C1 e o 16375, em C2) são maiores que os scores em desktop (7413,75 em C3 e 10562,50 em C4).

Avaliando apenas o grupo G2, o pior desempenho médio foi em C3 e o melhor foi em C1. Não houve diferença significativa entre C2 e C4. As diferenças foram significativas entre C1 e C2 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,02067$), entre C1 e C3 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,0001554$), entre C1 e C4 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,02813$), entre C2 e C3 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,1412$) e entre C3 e C4 (Wilcoxon 5%, valor $p = 0,001865$).

Figura 6.6: Boxplots mostrando a relação de pontuação de todos os participantes por grupo e condição



Fonte: O Autor

Vale relatar que o melhor desempenho foi de um participante não-experiente em jogos desktop. O mesmo se classificou para o G1 e obteve o melhor desempenho geral com 33370 em C1. O participante em questão comentou que sabia utilizar armas reais e segundo ele, isso facilitou muito o jogo em C1. Avaliando o desempenho dele, é possível notar também, que ele não ficou acima da média geral em nenhuma outra condição.

6.4 Conforto

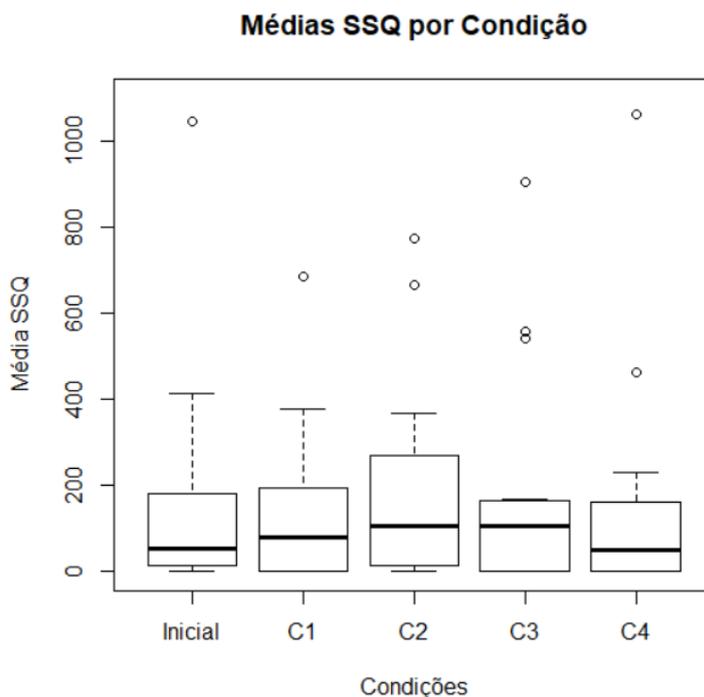
Tabela 6.8: Médias do Total Score SSQ e seus desvios padrão no pré-questionário (Inicial) e em cada condição, seguido do maior Total Score possível (Máximo)

<i>Condição</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio</i>
Inicial	155,2	266,05
C1	137,41	187,27
C2	185,85	238,38
C3	179,75	261,81
C4	154,17	271,79
Máximo	2437,88	—

Fonte: O Autor

Foi avaliado que a maioria dos participantes não apresentou desconforto ou o mesmo foi imperceptível, conforme os resultados do questionário de cybersickness, em todas as condições. Isso é indicado pela sua pontuação média e seus desvios padrão no

Figura 6.7: Boxplots mostrando a relação do SSQ no pré-questionário (Inicial) e após cada condição



Fonte: O Autor

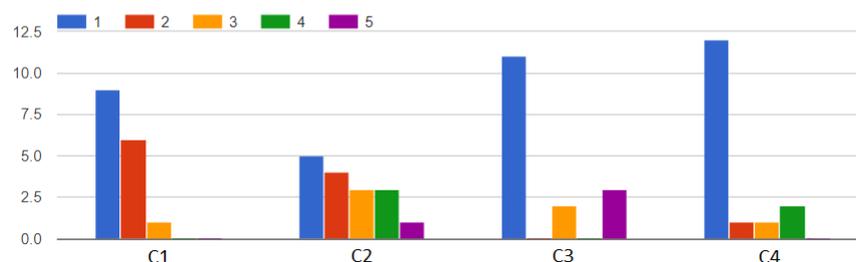
questionário SSQ (veja a Figura 6.7 e a Tabela 6.8).

Considerando os resultados do questionário de cybersickness, não houve uma diferença significativa entre as respostas no pré-questionário e após cada condição. Não houve diferença significativa considerando a pergunta relativa a desconforto do pós-questionário também, como pode ser visto na Figura 6.8.

Com isso a H9, que afirmava que jogos de tiro com alvos em movimento causam maior desconforto com arma presa a câmera do que com a arma presa a mão, não pode ser validada. Isso pode ser justificado por não haver uma diferença significativa entre as condições C1 e C2 e entre C3 e C4.

Também não pode ser confirmada a hipótese H10, que dizia que jogos de tiro com alvos em movimento causam mais cybersickness na versão desktop (não-imersivo) do que na versão em RV (imersivo). Já que não há diferença significativa entre C1 e C3, entre C1 e C4, entre C2 e C3 e entre C2 e C4.

Figura 6.8: Respostas para a pergunta de desconforto do pós-questionário
Levando em consideração as quatro versões do jogo, que nota você daria para o DESCONFORTO (náusea, enjoo, tontura, cansaço) em cada versão? (1 = nenhum desconforto, 5 = muito desconforto)



Fonte: O Autor

Tabela 6.9: Média e desvio padrão dos índices de diversão por condição

Condição	Média	Desvio
C1	92,5	8,56
C2	87,81	11,10
C3	63,75	22,40
C4	82,81	13,29

Fonte: O Autor

6.5 Diversão

O índice de diversão ficou alto em C1, C2 e C4 (veja a Figura 6.9 e a Tabela 6.9). Foram relacionadas as médias de todos os participantes e houve diferenças significativas entre todas condições, exceto entre C1 e C2 e entre C2 e C4, como pode ser visto na Tabela 6.10. As versões RV podem ser consideradas as mais divertidas e C3, o menos divertido.

Tabela 6.10: Diferenças estatísticas entre condições aplicando t-student 5% sob o questionário de diversão

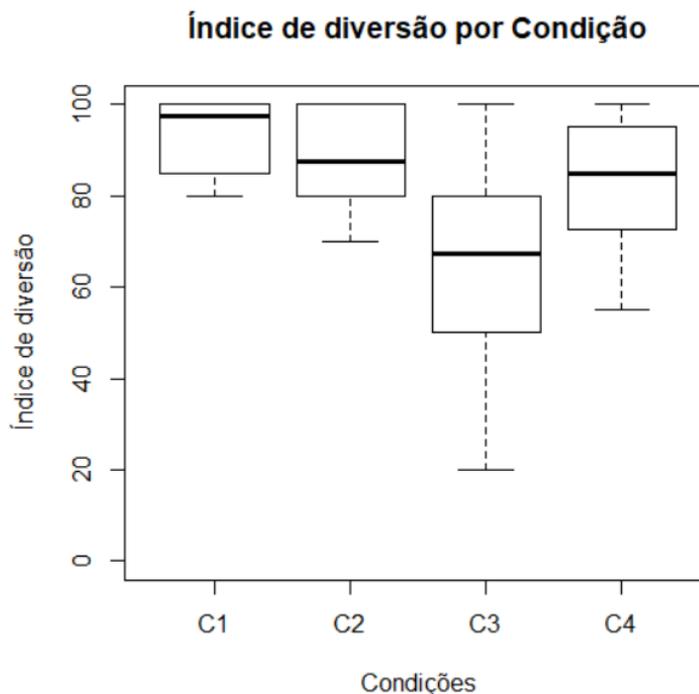
Condições	valor p
C1 e C3	0,0001207
C1 e C4	0,02138
C2 e C3	0,0008711
C3 e C4	0,007286
União de C1 com C2 e União de C3 com C4	0.0001346

Fonte: O Autor

Para validar H6, que diz que as pessoas se divertem mais em um jogo que faça-as se sentir mais presentes, é preciso lembrar da hipótese H1, que já foi validada.

H1 afirma que jogos em RV (imersivos) causam maior sensação de presença do que jogos desktop (não-imersivos).

Figura 6.9: Boxplots mostrando a relação dos índices de diversão dos participantes por condição



Fonte: O Autor

Pela validação de H1, é possível atualizar H6, dizendo que as pessoas se divertem mais nos jogos em RV (C1 e C2) do que nos jogos desktop (C3 e C4). Então, pelos índices de diversão da união de C1 e C2 serem significativamente maiores que os índices de diversão da união de C3 e C4, podemos aceitar H6.

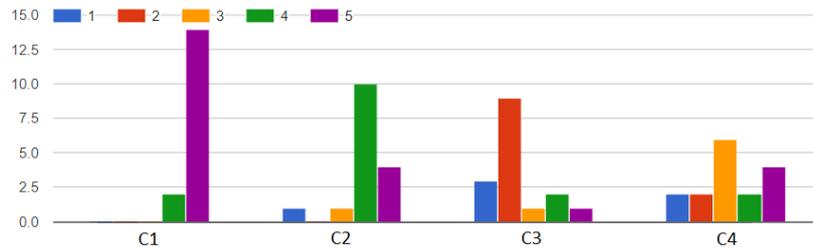
Para validar H7, que diz que a diversão depende do desempenho no jogo, é preciso lembrar dos resultados da Seção 6.3:

A maior pontuação média geral foi de C1, seguido de C2 e C4 sem diferença significativa entre as mesma, e C3 obteve a pior média geral. O mesmo houve nos resultados de diversão, então H7 pode ser validada.

H8 dizia que a ordem de preferência quanto a diversão seria: versão RV mais confortável, seguida da versão PC mais confortável, seguida da versão RV menos confortável e por último, a versão PC menos confortável. Por não haver uma diferença significativa entre as condições levando em conta o desconforto (como visto na Seção 6.4), H8 não pode ser validada.

Uma pergunta foi feita no pós-questionário para que as pessoas comparassem as diferentes versões do jogo em relação à diversão. Houve diferença significativa entre todas condições (entre C1 e C2, t-student 5%, valor $p = 0,002953$; entre C1 e C3,

Figura 6.10: Respostas para a pergunta de diversão do pós-questionário
Levando em consideração as quatro versões do jogo, que nota você daria para a DIVERSÃO em cada versão? (1 = nada divertido, 5 = muito divertido)



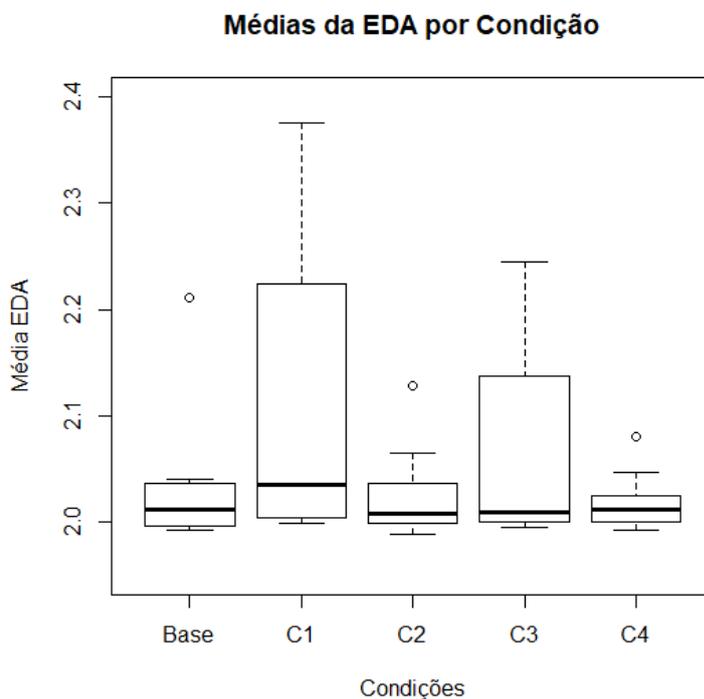
Fonte: O Autor

t-student 5%, valor $p = 9,522e-08$; entre C1 e C4, t-student 5%, valor $p = 0,0002104$; entre C2 e C3, t-student 5%, valor $p = 9,438e-05$; entre C2 e C4, t-student 5%, valor $p = 0,08061$; C3 e C4, t-student 5%, valor $p = 0,0416$) considerando essa pergunta, como pode ser visto na Figura 6.10. Reforçando o que foi visto, essa pergunta teve C1 como mais divertido (média 4,88 e desvio padrão 0,34), seguido de C2 (média 4,00 e desvio padrão 0,97), logo depois por uma diferença proporcionalmente maior que a anteriormente analisada, vem C4 (média 3,25 e desvio padrão 1,34) e o menos divertido também foi considerado C3 (média 2,31 e desvio padrão 1,13).

6.6 Medidas Fisiológicas

Nas duas medidas fisiológicas utilizadas, os dados coletados pelo BITalino foram processados utilizando um software específico para essa tarefa, o BioSppy (Biosignal Processing in Python). Com ele, os sinais foram analisados em relação a frequência e filtrados. Assim ruídos e sinais errôneos foram eliminados da análise.

Uma medida fisiológica utilizada foi a EDA. Em temperatura ambiente, a condutividade da pele de um humano geralmente fica perto de $0\mu S$ (zero micro-Siemens) para momentos extremamente relaxantes e quase chega a $5\mu S$ para momentos extremamente estressantes. Conforme apresentado na figura 6.11, a EDA base teve média $2,0625\mu S$ e desvio padrão 0,155; C1, média $2,193\mu S$ e desvio padrão 0,322; C2, média $2,142\mu S$ e desvio padrão 0,491; C3, média $2,086\mu S$ e desvio padrão 0,158; e C4, média $2,016\mu S$ e desvio padrão 0,023 (Vide Figura 6.11). As únicas diferenças significativas foram entre a base e C1 (t-student 5%, valor $p = 0,0549201$) e entre C1 e C4 (t-student 5%, valor

Figura 6.11: Média em μS da EDA basal e por condição

Fonte: O Autor

$p = 0,04478$).

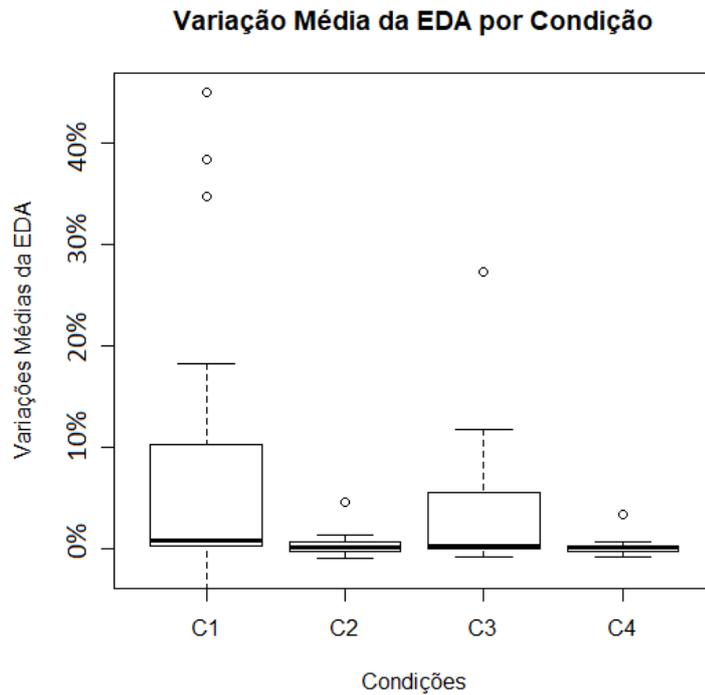
Muitos dos participantes comentaram ter apresentado ansiedade, timidez ou nervosismo ao participar da medição base (em repouso) e ter perdido esses sentimentos durante o experimento. Alguns fatores que causaram essas sensações, segundo eles, foram a presença de um avaliador desconhecido, o uso dos eletrodos e ver o HMD, que para muitos era o primeiro uso.

Para variação das médias EDA (veja a Figura 6.12), só houve diferença significativa entre as condições C1 e C4 (t-student 5%, valor $p = 0,08313$). Não houve diferença significativa entre as outras condições. C1 teve média 6,96% e desvio padrão 0,1802, C2 teve média 4,45% e desvio padrão 0,2564, C3 teve média 1,65% e desvio padrão 0,1039 e C4, média -1,78% e desvio padrão 0,0633.

A partir da ECG, foi possível calcular a média dos batimentos por minutos (bpm) de cada participante. De acordo com a tabela ideal de batimentos cardíacos, o batimento cardíaco normal para um adulto em repouso fica entre 60 e 100 bpm.

Existiram diferenças significativas entre as condições e o repouso (Friedman 5%, valor $p = 0,06934$). Como pode ser visto na Figura 6.13, a média em repouso nesse experimento foi de 84.185 bpm (desvio padrão 5.890); C1 teve média de 87.990 bpm e desvio padrão 2.466; C2, 87.246 bpm e 2.056; C3, 85.991 bpm e 1.816; e C4, 87.661

Figura 6.12: Variação média da EDA por condição



Fonte: O Autor

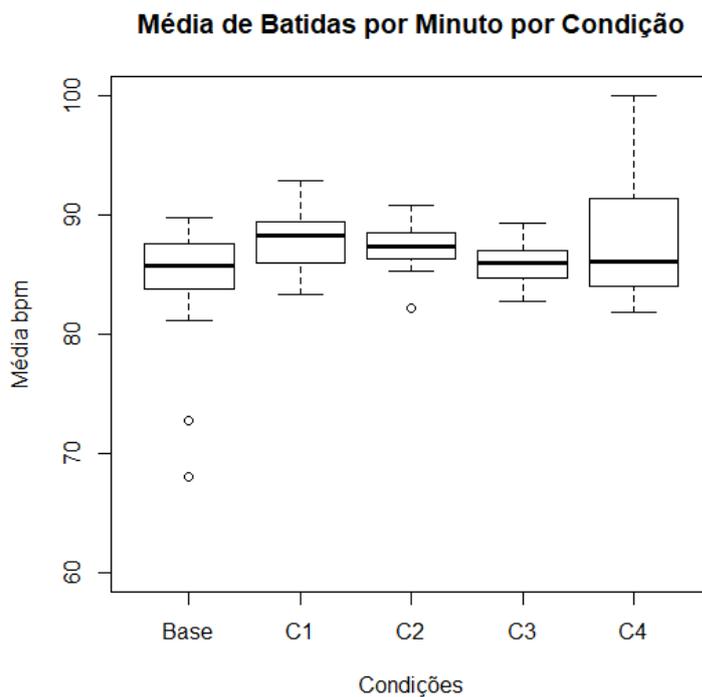
bpm e 4.827.

Como pode ser visto na Figura 6.14, a variação média entre o repouso e as condições foram: média 5,07% bpm e desvio padrão 0,088 para C1, média 4,1% e desvio padrão 0,076 para C2, média 2,7% e desvio padrão 0,086 para C3 e média 4,6% e desvio padrão 0,093 para C4. Não houve diferença significativa entre as variações médias das condições em nenhum dos testes estatísticos.

Devido a falta de diferenças significativas entre as variações das condições e testes realizados acima, H2, que dizia que jogos em RV (imersivos) causam mais alteração nos padrões biológicos do que jogos desktop (não-imersivos) não pode ser aceita. Porém, houve diferença significativa entre as condições e a medida basal, como era esperado já que uma pessoa jogando tem mais alterações de humor do que a mesma em repouso.

Um fato que pode ter ajudado a rejeitar a hipótese H2 é que os participantes demonstravam diferentes comportamentos e emoções a cada versão do jogo, sendo que todas poderiam afetar nas medidas biológicas. Era notável uma maior felicidade em C1, uma maior concentração em C2 e C4, e uma maior frustração em C3. Os participantes muitas vezes riram, gritaram e falaram sozinhos durante os experimentos no desktop, o que foi visto raramente no HMD. Sugere-se que isso tenha ocorrido pelo fato desses equipamentos serem menos imersivos e mais familiares aos participantes, dando a eles

Figura 6.13: Média de bpm basal e por condição



Fonte: O Autor

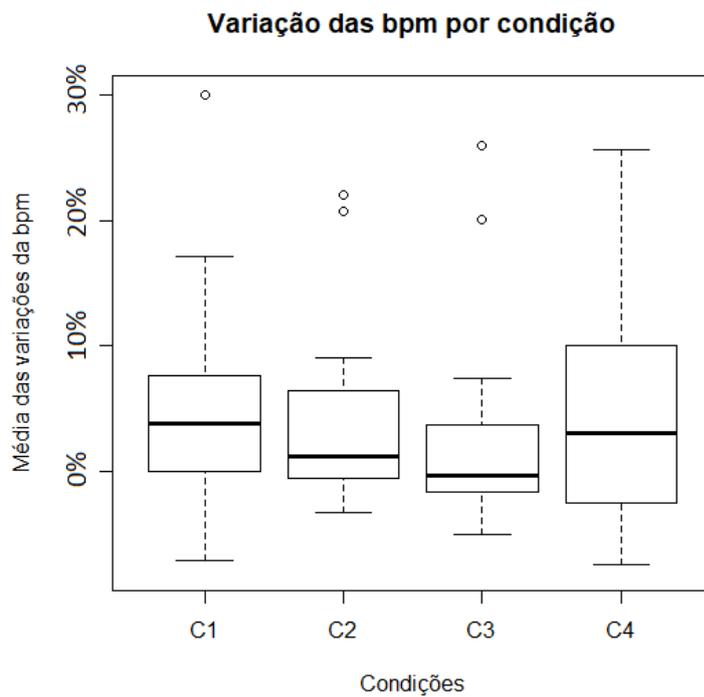
mais confiança em usar e mais vontade de chamar atenção para suas façanhas e fracassos no jogo.

6.7 Restrições

Um problema identificado no experimento está relacionado aos cabos de conexão. O cabo de conexão do Oculus Rift, apesar do condutor dos testes tomar todo o cuidado para que não atrapalhasse os participantes, provavelmente interferiu nos resultados das condições C1 e C2. Além disso, os cabos de conexão que conectavam os eletrodos ao BITalino apresentaram-se muito curtos, forçando o participante a ficar com as mãos próximas uma da outra, provavelmente interferindo nas condições C3 e C4, na qual o jogador precisava usar as duas mãos (teclado e mouse). Segundo os comentários de alguns participantes, esses cabos de conexão interferiram na qualidade da experiência.

Outro problema encontrado foi que para balancear o número de participantes nos grupos G1 e G2 e facilitar o trabalho, os mesmos foram divididos empiricamente. Porém, utilizar uma técnica como intervalos de confiança ou clusterização seria melhor para avaliar os resultados.

Figura 6.14: Variação das médias de batimentos por minuto por condição



Fonte: O Autor

Não foi verificada a variação das medidas fisiológicas ao longo do jogo e sim as médias dessas medidas. Seria interessante analisar como os participantes mudavam seus estados fisiológicos a cada ação feita.

7 CONCLUSÃO

Com os recentes desenvolvimentos tecnológicos da realidade virtual, o usuário tem a possibilidade de experimentar uma sensação de presença cada vez mais similar à sentida no mundo real. Os dispositivos de RV têm se popularizado cada vez mais, assim como o que aconteceu com outras mídias no passado.

Um estudo da literatura sobre RV no mundo acadêmico e científico deu entendimento sobre os conceitos relacionados à área, como presença e imersão. A verificação do atual estado da tecnologia de RV propiciou o conhecimento de jogos e acessórios de RV.

Os resultados do experimento sugerem que jogos em RV tenham a interação mais natural e intuitiva possível para aumentar a sensação de presença e, conseqüentemente, a diversão. Jogadores com baixa experiência em jogos de desktop obtiveram melhor desempenho na versão em RV. Esses resultados sugerem que a interação natural oferecida pelo RV traz facilidade de aprendizado para leigos e conseqüente diversão.

Com base nos resultados obtidos é possível afirmar estatisticamente que o desempenho no jogo desenvolvido em versão RV é maior com mira livre do que com mira fixa e que o desempenho neste jogo em versão PC é maior com mira fixa do que com mira livre. Ao testar com as primeiras pessoas, já podia se notar que a mira não influenciava igualmente no desempenho em diferentes tipos de visualização.

As medidas fisiológicas dos participantes se alteraram do repouso para as medidas de cada condição, isso ocorreu como o esperado, já que durante os experimentos as pessoas demonstravam mudanças comportamentais e emocionais como felicidade, frustração, concentração, risadas e até mesmo gritos. Porém, não houveram diferenças significativas entre as condições, apesar de cada condição ter diferentes médias para os bpm e EDA. Foi notado que para a EDA, a versão mais divertida e a mais difícil foram as que obtiveram maior variação em relação ao repouso.

O objetivo geral de projetar e desenvolver um jogo de realidade virtual com diferentes possibilidades de interação e visualização foi alcançado. Além de ser um jogo de RV, o mesmo também é multiplataforma com índices de satisfação acima da média, o que ajudou em comparações usadas nas avaliações de usabilidade, sensação de presença, diversão e conforto. Foi gratificante ver os participantes do experimento entretidos ao jogar e o interesse deles em saber quando o jogo seria lançado.

Para trabalhos futuros, o autor pretende usar os resultados e conhecimento ad-

quirido como auxílio no desenvolvimento de jogos em geral, mas principalmente de RV. Pretende-se, também, aprimorar o jogo desenvolvido neste estudo, a ponto de lançá-lo no mercado, e posteriormente, propor diretrizes para o desenvolvimento de jogos de realidade virtual.

Foram comprovadas as seguintes hipóteses:

H1: Jogos em RV (imersivos) causam maior sensação de presença do que jogos desktop (não-imersivos).

H3: Quanto melhor a usabilidade, maior a sensação de presença.

H5: Jogadores com pouca ou nenhuma experiência em jogos desktop tem melhor desempenho na versão em RV.

H6: As pessoas se divertem mais em um jogo que as faça se sentir mais presentes.

H7: A diversão depende do desempenho no jogo.

H11: Mira livre tem melhor a usabilidade que mira fixa para os jogos RV.

Não foram comprovadas as seguintes hipóteses:

H2: Jogos em RV (imersivos) causam mais alteração nos padrões biológicos do que jogos desktop (não-imersivos).

H4: O desempenho no jogo do experimento é maior com mira livre do que com mira fixa.

H8: A ordem de preferência quanto à diversão será: versão RV mais confortável, seguida da versão PC mais confortável, seguida da versão RV menos confortável e por último, a versão PC menos confortável.

H9: Jogos de tiro com alvos em movimento causam mais desconforto com arma presa a câmera do que com a arma presa a mão.

H10: Jogos de tiro com alvos em movimento causam mais cybersickness na versão desktop (não-imersivo) do que na versão RV (imersivo).

8 REFERÊNCIAS

BAREN, J. van; IJSSELSIJN, W.; **Measuring Presence: A Guide to Current Measurement Approaches**. 2004.

BROOKE, J.; **SUS: A “quick and dirty” usability scal**. In Usability evaluation in industry, London, 1996. Edited by: JORDAN, P. W.; THOMAS; B. A. WEERDMESTER; MCCLELLAND, I. L; 189–194.

COUTINHO, D.; **O que é Realidade Virtual? Entenda melhor como funciona a tecnologia**. 2015.

CARVALHO, M.R. de; Costa, R.T. da; NARDI, A.E.; **Simulator Sickness Questionnaire: tradução e adaptação transcultural**. Rio de Janeiro, 2011.

Cybersickness.org. **A brief explanation of the Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)**. Available from Internet: <http://www.cybersickness.org/Simulator_Sickness_Questionnaire.htm>.

Epoca Negócios. **Realidade virtual muito além dos Jogos**. Available from Internet: <<http://epocanegocios.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Desenvolvimento/noticia/2016/03/realidade-virtual-muito-alem-dos-jogos.html>>.

Fisioterapia para todos. **Batimento cardíaco normal**. Available from Internet: <<http://www.fisioterapiaparatodos.com/p/coracao/batimento-cardiaco-normal/>>.

IGN Entertainment, Inc. **Realidade Virtual Deve Gerar US\$ 5,1 Bilhões em 2016**. 2016. Available from Internet: <<http://br.ign.com/realidade-virtual/14238/news/realidade-virtual-deve-gerar-us-51-bilhoes-em-2016>>.

ICN Agency; **Resposta da Atividade Eletrodérmica**. 2017. Available from Internet: <<https://icnagency.com/neuro-lab-tecnicas-de-neurociencia/resposta-da-atividade-eletrodermica>>.

IJSSELSTEIJN, W.A.; de KORT, Y.A.W.; POELS, K.; **Game Experience Question-**

naire. Technische Universiteit Eindhoven, 2013.

iMotions, Biometric Research Platform; **GSR Pocket Guide.** 2016. Available from Internet: <https://imotions.com/wp-content/uploads/Guides/iMotions_Guide_GSR_2015.pdf>.

KENNEDY, R.S.; LANE, N.E.; BERBAUM, K.S.; LILIENTHAL, M.G; **Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness.** International Journal of Aviation Psychology, 1993, 3(3), 203-220.

MEEHAN, M.; **Physiological reaction as an objective measure of presence in virtual environments.** Technical report, Chapel Hill, NC, USA, 2001.

MobyGames. **Genre Definitions.** 2016. Available from Internet: <<http://www.mobygames.com/glossary/genres>>.

NETTO, A.U.; **Eletrocardiograma Básico.** Med Resumos, 2010. Available from Internet: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/1005641/fisiologia-ii-04—ecg-basico>>.

Oculus Rift Dev Team. **Oculus rift user guide and documentation.** 2016. Available from Internet: <<https://product-guides.oculus.com/en-us/documentation/rift/latest/concepts/book-rug/>>.

REIS, A.V.; **Operacionalizando o conceito de Diversão para Game Designers.** 2016. Available from Internet: <<http://www.fabricadejogos.net/posts/operacionalizando-o-conceito-de-diversao-para-game-designers/>>

SLATER, M.; **A Note on Presence Terminology.** Barcelona, ResearchGate, 2003.

SOUSA, C. A. P. de; **Imersão e Presença nos Jogos FPS: Uma Aproximação Qualitativa.** São Paulo, 2012.

SOUZA, V. C. de; **Metodologia Objetiva para Avaliação de Presença em Ambientes Virtuais Imersivos.** Porto Alegre, 2015.

Tec Mundo. **O tamanho da indústria dos vídeo games.** 2011. Available from Internet: <<https://www.tecmundo.com.br/infografico/9708-o-tamanho-da-industria-dos-video-games-infografico-.htm/>>.

TEXEIRA, F.; **O que é o SUS (System Usability Scale) e como usá-lo em seu site.** 2013. Available from Internet: <<https://brasil.uxdesign.cc/o-que-%C3%A9-o-sus-system-usability-scale-e-como-us%C3%A1-lo-em-seu-site-6d63224481c8>>

Ultradownloads. **O que é FPS - First Person Shooter?.** Available from Internet: <<https://canaltech.com.br/games/O-que-e-First-Person-Shooter/>>.

USOH, M.; CATENA E., ARMAN, S.; SLATER, M.; **Using Presence Questionnaires in Reality.** Presence, 2000, 9(5), 497-503.

9 APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar de um trabalho de conclusão de curso. Este termo tem o propósito de explicar os objetivos do estudo, bem como os procedimentos que serão adotados. Solicito que leia atentamente e esclareça todas as dúvidas antes de consentir na sua participação.

Procedimentos: Os participantes iniciam respondendo um questionário de caracterização e logo após sensores para medição da frequência cardíaca e a condutância da pele são fixados nas palmas das mãos e os participantes permanecem 2 minutos em repouso para registro das medidas basais. Posteriormente, são feitos 4 experimentos todos precedidos de um tempo de ambientação. Ao final de cada experimento, haverá um questionário a ser respondido.

Os dados obtidos ao longo do experimento serão utilizados apenas neste estudo, de forma totalmente anônima.

O tempo total do experimento será de cerca de 45 minutos.

Para uma experiência de realidade virtual confortável você não pode estar cansado, com sono, sob a influência de álcool ou drogas, de ressaca, com problemas digestivos, emocionalmente estressado ou ansioso, ou quando estiver com resfriado, gripe, dor de cabeça, enxaqueca ou dor de ouvido. Caso esteja com algum desses sintomas, não participe do teste. Além disso, caso você esteja grávida, tenha distúrbios psiquiátricos ou sofra de uma doença cardíaca ou de outra condição médica grave não participe.

Optando em participar, você pode, sem nenhum prejuízo e a qualquer tempo, interromper o teste caso se sinta mal.

* Required

Marque a opção abaixo se você está de acordo com o termo. *

- Aceito participar do experimento. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido o sigilo das informações e que posso retirar meu consentimento a qualquer momento.

10 APÊNDICE B - PRÉ-QUESTIONÁRIO

Pré-Questionário

ID *

Your answer _____

Idade *

Your answer _____

Gênero *

Feminino

Masculino

Other: _____

Grau de escolaridade *

Choose



Você tem algum problema de visão? *

Nenhum

Miopia

Astigmatismo

Daltonismo

Hipermetropia

Other: _____

Você tem algum problema motor? Se sim, qual? *

Não

Other: _____

Quão experiente você se considera em jogos de Desktop? *

	1	2	3	4	5	
Muito Inexperiente	<input type="radio"/>	Muito Experiente				

Quão experiente você se considera em jogos de tiro em primeira pessoa? *

	1	2	3	4	5	
Muito Inexperiente	<input type="radio"/>	Muito Experiente				

Quão experiente você se considera em Realidade Virtual? *

	1	2	3	4	5	
Muito Inexperiente	<input type="radio"/>	Muito Experiente				

Qual o seu nível de desconforto agora? *

	Nenhum	Leve	Moderado	Grave
Desconforto geral	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cansaço	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dor de cabeça	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Incomodo nos olhos (coceira, dor, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dificuldade em focar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento da salivação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Náusea	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dificuldade de concentração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pressão Baixa ou Alta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Visão embaçada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tontura com os olhos abertos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tontura com os olhos fechados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vertigem (desequilíbrio)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desconforto estomacal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vontade de arrotar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11 APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO RESPONDIDO APÓS CADA TAREFA

Questionário 1

Obs.: As perguntas valem apenas para o último teste feito!

* Required

ID *

Your answer

Qual o seu nível de desconforto agora? *

	Nenhum	Leve	Moderado	Grave
Desconforto geral	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cansaço	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dor de cabeça	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Incomodo nos olhos (coceira, dor, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dificuldade em focar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumento da salivação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Náusea	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dificuldade de concentração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pressão Baixa ou Alta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Visão embaçada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tontura com os olhos abertos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tontura com os olhos fechados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vertigem (desequilíbrio)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desconforto estomacal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vontade de arrotar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Você concorda com as afirmações a seguir? *

	Discordo Completamente				Concordo Completamente
Eu jogaria este jogo novamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu acho o jogo desnecessariamente complexo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu achei fácil de mirar no alvo desejado e saber com que cor atirar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu preciso de alguém me auxiliando enquanto jogo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu acho que as mecânicas de visualização e interação trabalham bem juntas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Achei complicado entender as informações na tela (pontuação, cor do tiro selecionado, tempo de jogo).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acredito que outras pessoas terão facilidade em aprender a jogar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Me atrapalhei com os controles do jogo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Eu me senti confiante ao jogar.	<input type="radio"/>				
Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir jogar.	<input type="radio"/>				

Você concorda com as afirmações a seguir? *

	Discordo Completamente				Concordo Completamente
O jogo foi divertido.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O jogo foi frustrante.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O jogo foi entediante.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Me senti feliz enquanto jogava.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fiquei tão focado que esqueci do mundo fora do jogo enquanto jogava.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Indique o quanto pareceu que você esteve no ambiente virtual, numa escala de 1 a 7, onde 7 representa sua experiência normal de estar em um lugar. *

1	2	3	4	5	6	7	
Pouco	<input type="radio"/>	Muito					

Indique o quanto a experiência pareceu real. *

1	2	3	4	5	6	7	
Pouco real	<input type="radio"/>	Muito real					

Você lembra do ambiente virtual mais como imagens que viu ou mais como um local que visitou? *

1	2	3	4	5	6	7	
Imagens visualizadas	<input type="radio"/>	Local visitado					

Durante o teste, sua sensação mais forte foi de estar na sala onde está agora ou no local simulado pelo sistema? *

1	2	3	4	5	6	7	
Nessa sala	<input type="radio"/>	Local simulado					

Considere sua lembrança de ter estado no ambiente virtual. Qual a similaridade dessa lembrança em relação à lembrança de outros lugares reais que você esteve hoje? *

1	2	3	4	5	6	7	
Nada similar	<input type="radio"/>	Muito similar					

Durante a experiência, em algum momento você pensou que realmente estava no local simulado pelo sistema? *

1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre					

12 APÊNDICE D - PÓS-QUESTIONÁRIO

Pós-Questionário

* Required

ID *

Your answer

Levando em consideração as quatro versões do jogo, que nota você daria para a DIVERSÃO em cada versão? (1 = nada divertido, 5 = muito divertido) *

	1	2	3	4	5
Jogo em realidade virtual com arma presa no controle	<input type="radio"/>				
Jogo em realidade virtual com arma presa no óculos	<input type="radio"/>				
Jogo no desktop com mouse e teclado	<input type="radio"/>				
Jogo no desktop com apenas o mouse	<input type="radio"/>				

Levando em consideração as quatro versões do jogo, que nota você daria para o DESCONFORTO (náusea, enjoo, tontura, cansaço) em cada versão? (1 = nenhum desconforto, 5 = muito desconforto) *

	1	2	3	4	5
Jogo em realidade virtual com arma presa no controle	<input type="radio"/>				
Jogo em realidade virtual com arma presa no óculos	<input type="radio"/>				
Jogo no desktop com mouse e teclado	<input type="radio"/>				
Jogo no desktop com apenas o mouse	<input type="radio"/>				

Levando em consideração as quatro versões do jogo, que nota você daria para a FACILIDADE DE USO em cada versão? (1 = nada fácil, 5 = muito fácil) *

	1	2	3	4	5
Jogo em realidade virtual com arma presa no controle	<input type="radio"/>				
Jogo em realidade virtual com arma presa no óculos	<input type="radio"/>				
Jogo no desktop com mouse e teclado	<input type="radio"/>				
Jogo no desktop com apenas o mouse	<input type="radio"/>				

Levando em consideração as quatro versões do jogo, que nota você daria para a SENSÇÃO DE ESTAR DENTRO DO JOGO em cada versão? (1 = nada presente, 5 = muito presente) *

	1	2	3	4	5
Jogo em realidade virtual com arma presa no controle	<input type="radio"/>				
Jogo em realidade virtual com arma presa no óculos	<input type="radio"/>				
Jogo no desktop com mouse e teclado	<input type="radio"/>				
Jogo no desktop com apenas o mouse	<input type="radio"/>				

13 APÊNDICE E - SCRIPT GENÉRICO EM R

```
# Media dos 16 participantes na condicao 01
dados1<-c( ) #dentro dos parenteses sao colocados os 16 valores
mean(dados1)
# Media dos 16 participantes na condicao 02
dados2<-c( ) #dentro dos parenteses sao colocados os 16 valores
mean(dados2)
# Media dos 16 participantes na condicao 03
dados3<-c( ) #dentro dos parenteses sao colocados os 16 valores
mean(dados3)
# Media dos 16 participantes na condicao 04
dados4<-c( ) #dentro dos parenteses sao colocados os 16 valores
mean(dados4)
#Teste de normalidade
#se p.value < 0.1, possui distribuicao normal
shapiro.test(dados1)
shapiro.test(dados2)
shapiro.test(dados3)
shapiro.test(dados4)
# se os dados nao possuem distribuicao normal, usei Wilcoxon
wilcox.test(dados1, dados2)
wilcox.test(dados1, dados3)
wilcox.test(dados1, dados4)
wilcox.test(dados2, dados3)
wilcox.test(dados2, dados4)
wilcox.test(dados3, dados4)
# se os dados possuem distribuicao normal, usei t-student
t.test(dados1, dados2)
t.test(dados1, dados3)
t.test(dados1, dados4)
t.test(dados2, dados3)
t.test(dados2, dados4)
t.test(dados3, dados4)
```