



UFRR

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

JOÃO PEDRO OLIVEIRA SILVA

**O DESENVOLVIMENTO DE UM AMBIENTE IMERSIVO EM REALIDADE  
VIRTUAL PARA TRATAMENTO DA ACROFOBIA**

Boa Vista - Roraima,  
Julho, 2023

**O DESENVOLVIMENTO DE UM AMBIENTE IMERSIVO EM REALIDADE  
VIRTUAL PARA TRATAMENTO DA ACROFOBIA**

JOÃO PEDRO OLIVEIRA SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Ciência da Computação do Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Roraima, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título Bacharel em Ciência da Computação.

**Orientador:** Prof. Dr. Luciano Ferreira Silva

**Coorientador:** Prof. Dr. Marcelo Henrique Oliveira Henkain

Boa Vista - Roraima,

Julho, 2023

**Dados Internacionais de Catalogação Na Publicação (CIP)**  
**Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima**

S586d Silva, João Pedro Oliveira.

O desenvolvimento de um ambiente imersivo em realidade virtual para tratamento da acrofobia / João Pedro Oliveira Silva. – Boa Vista, 2023.

37 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Ferreira Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Henrique Oliveira Henklain.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal de Roraima, Curso de Ciência da Computação.

1 – Acrofobia. 2 – Realidade Virtual. 3 – Tratamento. I – Título. II – Silva, Luciano Ferreira (orientador). III – Henklain, Marcelo Henrique Oliveira (coorientador).

CDU – 681.3

**ATA DE DEFESA DE TESE Nº 76 / 2023 - CCT (11.05)**

**Nº do Protocolo: 23129.013527/2023-58**

**Boa Vista-RR, 07 de julho de 2023.**

**ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Aos, 06/07/2023 realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado O DESENVOLVIMENTO DE UM AMBIENTE IMERSIVO EM REALIDADE VIRTUAL PARA TRATAMENTO DA ACROFOBIA pelo(a) Aluno JOÃO PEDRO OLIVEIRA SILVA.

O trabalho foi iniciado às 16h02min pelo Professor Luciano Ferreira Silva presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes professores Thais Oliveira Almeida e Felipe Leite Lobo.

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do TCC, passou à arguição do candidato. Encerrado o trabalho de arguição às 16h50min, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre a apresentação e defesa oral, tendo sido: APROVADO, com nota 9,5.

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e para constar, eu Luciano Ferreira Silva, lavrei a presente ata que assino junto com os demais membros da banca examinadora.

*(Assinado digitalmente em 07/07/2023 17:30 )*

FELIPE LEITE LOBO  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DCC (11.05.09)  
Matrícula: 1988091

*(Assinado digitalmente em 07/07/2023 10:16 )*

LUCIANO FERREIRA SILVA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DCC (11.05.09)  
Matrícula: 1568509

*(Assinado digitalmente em 11/07/2023 11:22 )*

THAIS OLIVEIRA ALMEIDA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DCC (11.05.09)  
Matrícula: 2834167

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <http://sipac.ufrr.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **76**, ano: **2023**, tipo: **ATA DE DEFESA DE TESE**, data de emissão: **07/07/2023** e o código de verificação: **5297d81826**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me guiado nesse caminho de reta final do trabalho de conclusão de curso, em especial ao meu irmão pelo fornecimento do equipamento de realidade virtual e na ajuda para concluir os detalhes finais do projeto, aos meus amigos e aos meus orientadores por terem me incentivado a me esforçar a fazer um trabalho rico em detalhes.

Gambiarras a gente aceita,  
a gente só não aceita a derrota.

(Nilce Moretto)

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Som binaural gravado em boneco que simula crânio humano	10
Figura 2. Principais planos referenciais	10
Figura 3. Remessas de dispositivos de realidade virtual e aumentada, em todo mundo	11
Figura 4. Oculus Quest 2	12
Figura 5. Google Cardboard	13
Figura 6. Malha do Low Poly ao High Poly	14
Figura 7. Specular e Normal Map	15
Figura 8. Fluxograma de execução do projeto	21
Figura 9. Imagens de referência do interior de uma casa	22
Figura 10. Planejamento do primeiro piso da casa do ambiente virtual	22
Figura 11. Planejamento do segundo piso da casa do ambiente virtual	23
Figura 12. Menu principal durante a gameplay	24
Figura 13. Modelagem 3D da parte interna da casa no Blender	27
Figura 14. Template inicial de RV mostrando a movimentação por teleporte	28
Figura 15. Mapeamento do sistema de teleporte no ambiente virtual	29
Figura 16. Primeiro nível de exposição	29
Figura 17. Segundo e terceiro nível de exposição	30
Figura 18. Quarto nível de exposição	30
Figura 19. Menu interno do jogador	30
Figura 20. Resultado dos teste do SUS	31
Figura 21. Resultado do questionário sobre a eficácia	32

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Especificações Oculus Quest 2

12

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b>	<b>7</b>
<b>2. Fundamentação Teórica</b>	<b>9</b>
2.1 Realidade virtual imersiva	9
2.1.1 Métodos para imersão dos sentidos humanos	9
2.1.2 Hardwares para imersão em realidade virtual	11
2.1.3 Otimização de ambientes virtuais e o Cybersickness	14
2.2 O transtorno da acrofobia	15
2.2.1 Causas e sintomas	15
2.2.2 Métodos de tratamento	17
2.3 Utilizando a RV no tratamento	18
2.4 Destaques conceituais para pesquisa	18
<b>3. Trabalhos Relacionados</b>	<b>18</b>
<b>4. Método da solução proposta</b>	<b>20</b>
4.1 Game Design	20
4.1.1 Arquitetura	21
4.1.2 Level Design e Roteiro	21
4.1.3 Jogabilidade	23
4.1.4 Interface	24
4.2 Unreal Engine	24
4.3 Blender	24
4.4 Oculus Quest	25
4.5 Questionários	25
4.4.1 Questionário para Avaliação da Usabilidade	25
4.4.2 Questionário para Avaliação da Eficácia	26
<b>5. Resultados e Discussão</b>	<b>27</b>
5.1 Desenvolvimento do Ambiente Virtual	27
5.1.1 Desenvolvimento pelo Blender	27
5.1.2 Desenvolvimento pela Unreal Engine 5	27
5.2 Teste de Usabilidade e Validação	31
5.2.1 Resultados Obtidos	31
<b>6. Considerações finais</b>	<b>33</b>
<b>7. Referências</b>	<b>34</b>

# O Desenvolvimento de um Ambiente Imersivo em Realidade Virtual para Tratamento da Acrofobia

**João P. O. Silva, Luciano F. Silva, Marcelo H. O. Henklain**

Curso de Bacharelado em Ciência da Computação - Departamento de Ciência da Computação - Universidade Federal de Roraima, Brasil

joaopedro2195@gmail.com, luciano.silva@ufrr.br, marcelo.henklain@ufrr.br

**Resumo.** Tem como objetivo investigar a viabilidade dos métodos e tecnologias pesquisadas para desenvolver um ambiente imersivo de Realidade Virtual (RV) propício ao tratamento da acrofobia (medo de altura), para criar uma abordagem terapêutica que não exponha as pessoas a situações reais de perigo. Para isso, os métodos adotados incluem o uso de questionários voltados a usuários para avaliar a usabilidade e para profissionais da saúde mental para coletar feedback sobre a eficácia e relevância da técnica de tratamento de extinção gradual. Com base nas avaliações realizadas, foi constatado que tanto os usuários quanto os psicólogos entrevistados validaram a usabilidade e eficácia do sistema, reforçando que a experiência é amigável para pessoas que não possuem contato prévio em RV, e na visão dos profissionais que já trabalharam nessa área da ciência, consideraram a ferramenta eficaz no alcance de seus objetivos.

**Palavras-chave:** Acrofobia; Realidade Virtual; Tratamento.

**Abstract.** The aim is to investigate the feasibility of the researched methods and technologies to develop an immersive Virtual Reality (VR) environment conducive to the treatment of acrophobia (fear of heights), in order to create a therapeutic approach that does not expose individuals to real-life dangerous situations. To achieve this, the adopted methods included the use of user-oriented questionnaires to assess usability and mental health professionals to gather feedback on the effectiveness and relevance of the gradual extinction treatment technique. Based on the evaluations conducted, it was found that both the users and interviewed psychologists validated the usability and effectiveness of the system, reinforcing that the experience is user-friendly for individuals with no prior exposure to VR. Moreover, professionals who have worked in this field considered the tool effective in achieving its objectives.

**Keywords:** Acrophobia; Virtual Reality; Treatment.

## 1. Introdução

A RV pode ser caracterizada pela integração de três ideias básicas que Rodrigues e Porto (2013) apontam: a imersão, que é a sensação de estar dentro do ambiente; a interação, que o computador detecta as entradas do usuário modificando-as em tempo real; e o envolvimento, ligado ao grau de estimulação para o comprometimento do usuário com determinada atividade. A RV, segundo Arroll et al. (2017), terapias in vivo aparentam ser constantemente eficazes, já que conforme a tecnologia avança e se torna mais acessível, pode se tornar uma terapia de primeira linha, devido sua alta aceitabilidade, como por exemplo, o tratamento de medos. E o medo, segundo

Araújo (2011), como mecanismo de defesa, é considerado inerente a todo ser humano, mas quando persistente, desproporcional e irracional de um estímulo que oferece perigo real ao indivíduo, passa a caracterizar um transtorno fóbico.

Na psicologia, Arroll et al. (2017) afirmam que a RV é utilizada pelos psicólogos no tratamento de alguma fobia específica, e tanto o método de tratamento presencial quanto o tratamento virtual têm se mostrado efetivos, pelo menos no curto prazo. E com cerca de 9,3% da população brasileira tendo problemas de ansiedade, segundo dados divulgados pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017), em conjunto da informação de que a acrofobia está entre uma das fobias específicas mais comuns do mundo, Monteiro e Zanchet (2003) constatam que devido aos avanços tecnológicos da RV, áreas da saúde têm demandado bastante desse recurso, empregando na anatomia e na simulação de operações, por exemplo. Logo, seguindo essa linha de raciocínio, a RV também pode ser utilizada para tratamentos psicológicos para simular situações reais de exposição ao medo.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é propor e validar métodos e técnicas computacionais para desenvolver um ambiente de RV imersivo que auxilie no tratamento da acrofobia, que não coloque o indivíduo em situação de perigo real. O presente estudo deve responder à seguinte pergunta de pesquisa: PP01. A simulação disponibilizada é bem otimizada e fácil compreensão para o uso?

Em termos organizacionais este documento é construído em seções, sendo a primeira delas a **Introdução**, já abordada. A segunda seção, de **Fundamentação Teórica**, apresenta os conceitos abordados neste trabalho, focando especificamente nos pontos de RV imersiva e seus métodos de imersão, bem como os *hardwares* relacionados, e a acrofobia, incluindo suas causas, sintomas e métodos de tratamento. Na terceira seção, **Trabalhos Correlatos**, é realizada uma análise dos resultados obtidos em pesquisas semelhantes, fazendo comparações com este trabalho. Na quarta seção, de **Métodos da solução proposta**, são apresentados os *softwares* utilizados para criar o ambiente virtual, o equipamento a qual é direcionado para executar a ferramenta e o método utilizado para coletar os dados de usabilidade. A quinta seção, **Resultados e Discussão**, apresenta o funcionamento do sistema de movimentação e a justificação para sua utilização, além dos resultados e cálculos dos dados coletados para validação da usabilidade do mesmo. Por fim, nas **Considerações finais**, são apresentadas as conclusões e as considerações sobre trabalhos futuros e as dificuldades enfrentadas durante o processo de construção deste trabalho.

## **2. Fundamentação Teórica**

O trabalho apresentado é um estudo para a realização de uma simulação que auxiliará no tratamento psicológico de fobia específica utilizando a RV.

Portanto os temas a serem abordados respectivamente, dentro desta pesquisa são: o conceito de RV imersiva, métodos para iludir os sentidos humanos, os equipamentos especializados para tal aplicação, como otimizar essas aplicações, o transtorno da fobia específica, suas causas e sintomas e como tratá-las utilizando a RV.

### **2.1 Realidade virtual imersiva**

A RV, por definição, é uma tecnologia de interação profunda entre um sistema operacional e um usuário, que explora todos os sentidos do ser humano através de uma interface computacional. (MALLMANN et al., 2017)

São realidades diferentes, alternativas e artificiais em que nossos sistemas sensoriais percebem da mesma forma que o mundo real, podendo tocar a emoção, dar prazer, ensinar, divertir e responder às ações, sem a necessidade de existir uma forma tangível. Com o decorrer da evolução da RV, tem se tornado mais difícil distinguir o mundo real do digital, principalmente quando utiliza-se na RV algum tipo de estímulo tátil. (TORI; HOUNSELL, 2018)

Jaron Lanier (1980), cientista da computação e artista, criou o termo RV, que combinou dois conceitos antagônicos: a realidade e o virtual, diferenciando das simulações tradicionais feitas por computador de simulações envolvendo múltiplos usuários em um ambiente compartilhado. (ARAUJO, 1996)

A RV imersiva é uma tecnologia a partir da qual um ambiente virtual é criado onde os sentidos humanos são simulados e a interação entre usuário e ambiente se aproxima de uma atividade do mundo real. Já na RV não-imersiva, o usuário visualiza as imagens tridimensionais em um monitor. (Fundação Instituto de Administração, 2019)

Para os ambientes imersivos, as técnicas de interação introduzem novos paradigmas para o usuário, estimulando outros sentidos que normalmente não poderiam ser explorados em ambientes não-imersivos, por exemplo, a visão estereoscópica. (SISCHOUTTO; KIRNER, 2007)

#### **2.1.1 Métodos para imersão dos sentidos humanos**

A visão binocular ou estereoscópica permite ao ser humano a visualização de imagens com a sensação de profundidade, percebendo a distância do objeto. Essa visão tridimensional é o resultado da interpretação que o cérebro humano faz a partir das duas imagens bidimensionais que cada olho

capta em seu ponto de vista, criando, assim, uma perspectiva que gera a noção de profundidade dos objetos em cena. (TORI; HOUNSELL, 2018)

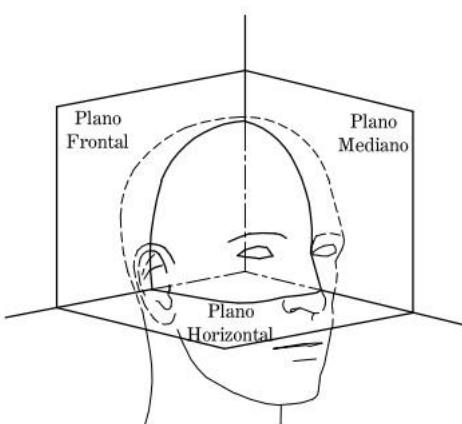
Uma técnica do século 19 foi usada para oferecer mais imersão a RV, o som binaural, que tem a capacidade de iludir o usuário fazendo com que o mesmo acredite estar de fato no ambiente em que está inserido durante a simulação. Esse tipo de gravação é realizado com microfones colocados em uma cabeça de boneco como mostrado na Figura 1, que é feito com um material que simula o crânio humano. (GARRETT, 2016)



**Figura 1. Som binaural gravado em boneco que simula crânio humano**

**Fonte:** (GARRETT, 2016)

A panoramização refere-se à técnica de processar um áudio mono para binaural para projetar uma determinada posição virtual que irá definir a localização espacial dos pontos em que o som virtual será reproduzido, criando a ilusão da tridimensionalidade do som. Os principais planos de referência são: os horizontais, mediano e frontal, como pode ser observado na Figura 2. (GUNZI, 2008)



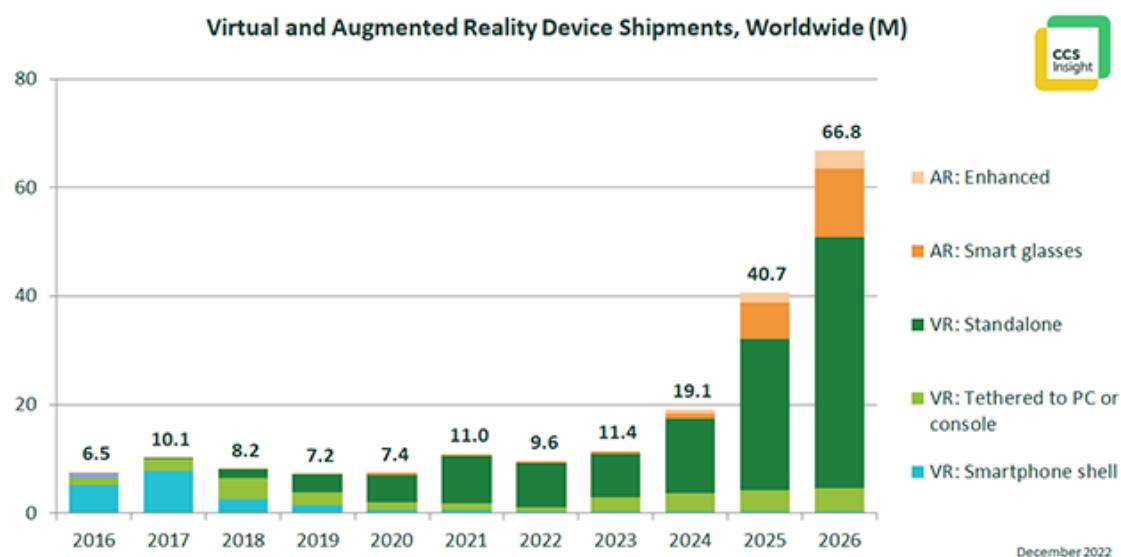
**Figura 2. Principais planos referenciais**

**Fonte:** (GUNZI, 2008)

### 2.1.2 Hardwares para imersão em realidade virtual

Os dispositivos dedicados para RV como, o *HTC Vive*, *Oculus Rift* e *Playstation VR*, oferecem experiências de maior qualidade em comparação aos dispositivos usados em smartphones. (ERGÜREL, 2017)

Segundo dados divulgados pela Haptic et al. (2017), as vendas dos óculos de RV aumentariam em 800% num período de 4 anos com previsões das pesquisas da *CCS Insight*. Porém o mercado de dispositivos de realidade aumentada e virtual, enfrentou baixas devido a questões econômicas. No entanto, a partir de 2024, espera-se que as vendas melhorem graças à introdução de óculos conectados ao consumidor. Apesar dos obstáculos atuais, a *CCS Insight* continua confiante no futuro da realidade aumentada e acredita que o mercado eventualmente se recuperará e deverá atingir 67 milhões de unidades vendidas até 2026. (CCS Insight, 2022)



**Figura 3. Remessas de dispositivos de realidade virtual e aumentada, em todo o mundo**

**Fonte: (CCS Insight, 2022)**

Atualmente a empresa *Facebook Technologies* (2021), que é dona da *Oculus*, está somente comercializando o seu dispositivo mais avançado de RV, o *Oculus Quest 2*, um equipamento *all-in-one*, como é mostrado na Figura 4.



**Figura 4. Oculus Quest 2**

**Fonte:** (Facebook Technologies, 2021)

A proposta desse modelo é que seja somente ele para atender às principais demandas de conforto em um dispositivo de RV, sendo completamente sem fio - salvo quando está carregando a bateria - com especificações suficientes para ter o equilíbrio em qualidade e desempenho, contando com 6 GRAUS de Liberdade (*DOF - Degrees of Freedom*), proporcionando um nível a mais de imersão. (Facebook Technologies, 2021)

**Tabela 1. Especificações Oculus Quest 2**

<b>Tracking</b>	<i>6DOF</i>	Rastreia o movimento da cabeça e do corpo e os traduz em RV com precisão realista.
<b>Display</b>	<i>Fast-Switch LCD</i>	Resolução de 1832 x 1920 por olho; taxa de atualização de 60, 72, 90 Hz suportada.
<b>Som</b>	Áudio posicional	É incorporado diretamente no fone de ouvido, permitindo que ouça ao redor.
<b>Armazenamento</b>	128GB ou 256GB	Não oferece suporte para cartões de memória.

**Fonte:** (Facebook Technologies, 2021)

Como pode ser visto na Figura 5, o Google possibilitou com esses óculos uma experiência de baixo custo da RV, sem a necessidade de comprar equipamentos caros, utilizando apenas o próprio smartphone.



**Figura 5. Google Cardboard**

Fonte: <<https://arvr.google.com/cardboard/>>

As especificações que o *smartphone* precisa satisfazer para ter um desempenho aceitável, segundo a própria empresa: (Google Inc., 2020)

- pelo menos 2 núcleos físicos;
- suporte ao modo de desempenho sustentado;
- resolução mínima de 1920x1080;
- suportar a decodificação H.264 em 3840x2160 a 30 *fps*, compactado a uma média de 40 Mbps (equivalente a 4 instâncias de 1920x1080 a 30 *fps* - 10 *Mbps* ou 2 instâncias de 1920x1080 a 60 *fps* - 20 *Mbps*);
- atualizar em, pelo menos, 60Hz enquanto estiver no modo RV;
- suportar *bluetooth* 4.2 e a extensão de comprimento de dados *bluetooth LE*;
- suportar e relatar adequadamente o tipo de canal direto para todos os seguintes tipos de sensor padrão:
  - Acelerômetro;
  - Giroscópio
  - Campo magnético

Fazendo a comparação de ambas as tecnologias, *Oculus Quest* e *Google Cardboard*, podemos apontar certas vantagens e desvantagens quanto ao custo, performance, consumo de energia e principalmente o nível de imersão.

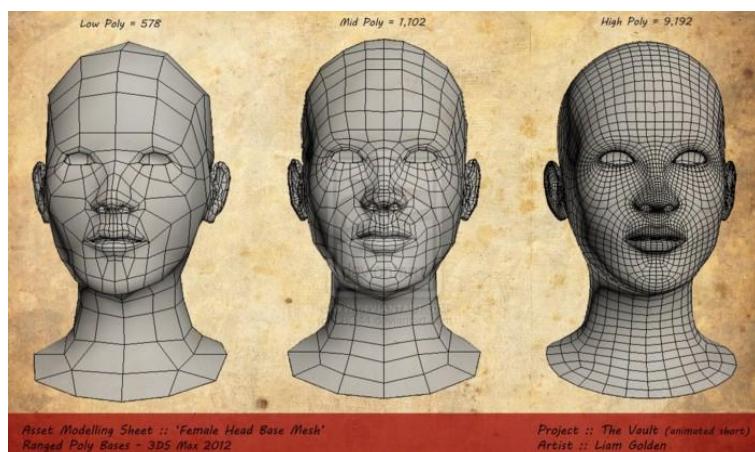
Contudo, como é o tratamento de uma fobia específica, o melhor entre os dois equipamentos é mais recomendado para que gere o mínimo de desconforto visual, altamente recomendado para que seja feito somente com a presença do profissional da área para monitoramento do tratamento, pois, segundo Watson (1958), em função dos mecanismos de aprendizagem envolvidos na fobia,

pode ocorrer piora do quadro caso a terapia de exposição ao estímulo temido não seja adequadamente realizada.

### 2.1.3 Otimização de ambientes virtuais e o *Cybersickness*

A otimização é um ingrediente chave para garantir conforto visual e segurança nas aplicações de RV, é essencial que a aplicação mantenha uma alta taxa de quadros, senão o usuário sofrerá as consequências do *cybersickness* (CS) - que é o enjoo de movimento que comumente acontece durante as experiências de RV - caso haja quedas frequentes de quadros ou a mantenha a taxa reduzida. (Unity Inc., 2020)

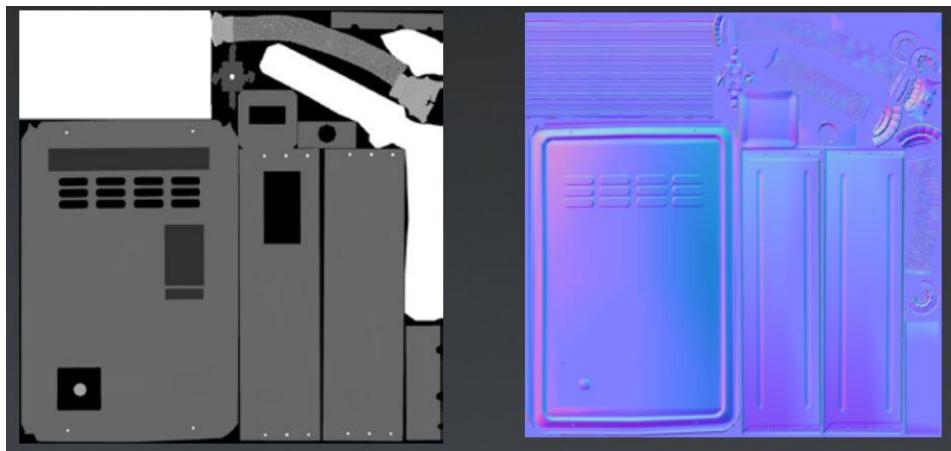
Os termos *High Poly* (HP) e *Low Poly* (LP) são usados para explicar a quantidade de polígonos que um modelo tem, sendo o HP aquele modelo com alta taxa de polígonos, o que resulta em detalhes precisos de um modelo tridimensional, por exemplo, um rosto humano (Figura 6). Raramente, porém, eles são utilizados por exigirem um pouco mais de poder computacional. Um modelo 3D com uma boa topologia - quando os polígonos estão organizados e alinhados de forma correta - tem um retorno muito mais fiel em sua retopologia, que é transformar o modelo HP em LP. (everis Brasil, 2019)



**Figura 6. Malha do Low Poly ao High Poly**

**Fonte:** (everis Brasil, 2019)

Os modelos LP são constantemente utilizados em jogos e projetos de realidade interativa (virtual ou aumentada), conforme foi dito anteriormente, a otimização é um ingrediente chave, e esses tipos de modelos normalmente são "leves". Para conferir maior realismo para esses modelos com poucos polígonos, dois tipos de imagens são usadas: a chamada *specular* ou *mask*, que vai determinar o quanto cada parte do objeto refletirá, sendo 0% branco (fosco) e 100% branco (cromado) e o *normal map* que dará o efeito de elevação como pode ser visto na Figura 7. (Tonka 3D, 2014)



**Figura 7. Specular e Normal Map**

**Fonte:** (Tonka 3D, 2014)

Segundo estudos apresentados por Whittinghil (2015), o CS é muito comum quando o corpo e o sistema visual estão fora de sincronia, então sua equipe descobriu que possuir um ponto de referência fixo ao jogar com a RV ajudava a reduzir o CS. Então um dos integrantes da equipe sugeriu um nariz virtual para ser o ponto de referência, apesar de ser um pouco estranha, funcionou com uma eficácia de 13,5% de melhora na redução desse enjoo.

Já Wienrich *et al.*(2018), investigou o impacto de um nariz virtual bem como sua relevância no *simulator sickness (SS)* e na experiência do jogo. Comparando a quantidade de enjoo do simulador durante e depois do jogo, tanto na presença quanto a saliência do nariz virtual reduziu o SS.

## 2.2 O transtorno da acrofobia

A ansiedade ocasional é uma parte comum da vida, quando enfrentamos algum problema no trabalho, quando fazemos um teste, ou quando tomamos uma decisão difícil. Segundo o Instituto Nacional de Saúde Mental (NIMH, 2018), para uma pessoa com transtorno de ansiedade, essa ansiedade ocasional não desaparece facilmente e pode piorar, em termos de frequência e intensidade, caso não seja analisada e tratada. Quando isso ocorre, a ansiedade pode interferir nas atividades cotidianas da pessoa, como em sua vida social e no trabalho, interferindo, inclusive, na sua autonomia. Uma das formas de piora do quadro de ansiedade pode ser observada nos casos de acrofobia, que envolve respostas intensas de ansiedade e medo diante de estímulos associados direta ou indiretamente com a altura.

### 2.2.1 Causas e sintomas

Embora seja desconhecida a existência de uma única causa para as fobias, sabe-se que, geralmente, as respostas de medo são aprendidas por meio de processos de condicionamento reflexo e operante. Tais processos podem surgir pela observação de outras pessoas, pela transmissão de

informações ou instruções e, finalmente, pela exposição direta a vivências geradoras de ansiedade e medo. (CABALLO, 1998)

O condicionamento respondente é a transferência, via pareamento, de uma função reflexa (a partir de um estímulo reflexo incondicionado como um empurrão ou barulho estridente que provocam a resposta incondicionada de medo) para um estímulo inicialmente neutro (por exemplo, a altura), sendo que esses estímulos devem ocorrer acima de um limiar específico de intensidade para que gerem a resposta reflexa. Esse processo faz com que o estímulo que antes era neutro, mesmo na ausência do estímulo incondicionado ao qual foi pareado, produza as respostas que, agora, são condicionadas (por exemplo, medo). Quando somos atacados por um cachorro raivoso ao passar em uma rua, antes do ataque em si, são geradas respostas de taquicardia, sobressalto e medo diante do cachorro mostrando uma postura agressiva. A partir do ataque, a mera imagem do cachorro, mesmo sem postura agressiva, dada a correlação do cachorro com a situação de ataque, pode, por condicionamento respondente, passar a gerar respostas reflexas de taquicardia, sobressalto e medo. (MOREIRA; MEDEIROS, 2007)

O condicionamento operante, por sua vez, envolve comportamentos voluntários. O aprendizado se dá pela relação entre a ação da pessoa e as consequências que ela produz. Certas consequências tornam a ação mais provável de acontecer, enquanto outras enfraquecem a ação, tornando-as menos prováveis. Usando do exemplo anterior, a aproximação de certas ruas ou animais, pela punição ocorrida no passado pelo ataque sofrido, poderia tornar-se menos provável de ocorrer novamente, surgindo, então, ações de evitação dessas ruas ou do contato com animais. (MOREIRA; MEDEIROS, 2007)

Segundo Huppert *et al.* (2017), para estabelecer o diagnóstico de acrofobia, os seguintes requisitos devem ser cumpridos: medo intenso, presença de um dos seguintes sintomas: tremores, palpitação, agitação interna, ou suor, presença de dois outros sintomas: tontura, vertigem para frente e para trás, fraqueza nos joelhos, instabilidade de postura e marcha, sensação de estômago embrulhado, medo, situações de tempo de pelo menos 6 meses de duração e qualquer evitação, antecipação ansiosa ou angústia na situação temida que interfira negativamente no dia a dia.

A condição de sensibilidade ao estímulo à altura na acrofobia é tal que, mesmo estando no chão, o indivíduo, apenas com base em pensamentos, pode sentir esses sintomas supracitados. Muitas pessoas se sentem inseguras quando caminham em locais altos, contudo, quem sofre de acrofobia tem seu medo tomado uma forma física que "sufoca" o próprio corpo, isto é, gera muito incômodo. As pessoas que sofrem com isso têm a sensação, por exemplo, de perderem o chão sempre que sofrem em algum lugar alto. (Psicanálise Clínica, 2019)

## 2.2.2 Métodos de tratamento

Da mesma forma como os organismos podem aprender novos reflexos e operantes, também podem adquirir novas aprendizagens que mudem essas relações reflexas e operantes em um sentido do qual estímulos que são temidos passam, pelo menos, a ser tolerados. Uma forma disso acontecer, no caso de respostas reflexivas, é propiciar diversas apresentações do estímulo condicionado sem novos emparelhamentos com o estímulo cuja função é aversiva. Por exemplo, seria o caso de ter contatos com cachorros sem que ataques ocorram. Este processo é chamado de extinção respondente no caso de respostas reflexas. Portanto, quando o estímulo condicionado não mais elicia uma resposta condicionada, dizemos que o reflexo condicionado foi extinto. (MOREIRA; MEDEIROS, 2007)

É comum também que algumas consequências produzidas por certos comportamentos deixem de ocorrer quando estes são emitidos. Quando isso acontece, é verificado que a frequência do comportamento tende a diminuir, retornando à frequência com que ocorria antes de ter sido reforçado. Assim, na exata medida em que punições deixam de ocorrer para certo comportamento, cessa também o reforçamento dos comportamentos de fuga e esquiva do estímulo punidor, por exemplo, seria importante em um processo de nova aprendizagem como parte de um tratamento, que a pessoa tivesse no contato com cachorros uma experiência que fosse positivamente reforçadora. Isso tornaria a resposta de aproximação de cachorros mais provável e, possivelmente, reduziria a efetividade do reforçamento negativo para as respostas de fuga e esquiva em relação ao cachorro. Esse procedimento exemplificado, envolve o reforço positivo das respostas de aproximação do estímulo temido e a extinção perante dos comportamentos de fuga e esquiva em relação a esse estímulo temido. Assim, podemos ver que o tratamento para a fobia pode envolver tanto mudanças em respostas reflexas quanto operantes. (MOREIRA; MEDEIROS, 2007)

Com base nessas noções, foi uma técnica denominada de dessensibilização sistemática, criada por Wolpe (1958), o marco no desenvolvimento de tratamentos eficazes das fobias, dentre elas a acrofobia. (COELHO et al., 2017)

A dessensibilização sistemática é especialmente eficaz para reduzir a ansiedade à fobias, seguindo dois passos para a sua realização: a avaliação do paciente para identificar os comportamentos que devem ser modificados (por exemplo, o medo de altura) e o treinamento para a obtenção de relaxamento e de respostas de aproximação diante da altura. Assim, o paciente deve ser capaz de imaginar e, posteriormente, vivenciar situações geradoras de intensas reações de ansiedade, sendo o objetivo último do tratamento que a imaginação ou vivência não produzam nenhum tipo de desconforto, o que indicaria a ocorrência dos processos de extinção respondente, operante e de aprendizado do comportamento de aproximação do estímulo inicialmente temido, mas

que passou a ser tolerado ou, até mesmo, percebido como reforçador positivo. (FERNANDES, 2017)

Nesse processo, é desejável, para evitar pioras no quadro ou abandono do tratamento, que a exposição ao estímulo temido seja gradual, o que consiste em iniciar por tarefas consideradas mais fáceis ou que provoquem menos aflição, para depois enfrentar aquelas consideradas mais difíceis. (CORDIOLI, 2014)

### **2.3 Utilizando a RV no tratamento**

Sabendo que a exposição ao vivo é eficaz para indivíduos com medo de altura, foi realizado um estudo em que foi investigado o tratamento por meio de RV através de um delineamento de pesquisa de sujeito único. O participante, após 3 sessões de exposição a alturas simuladas por um sistema de RV, apresentou progressos significativos nas medidas de ansiedade, evitamento da altura e outras medidas comportamentais em situações de enfrentamento de ambientes com alturas reais. (COELHO et. al., 2017)

Teoricamente, a prova de que pacientes podem se submeter ao tratamento com RV e de que ele é efetivo, é o próprio conceito da neuroplasticidade, que é a capacidade que o cérebro tem de aprender e se reprogramar, permitindo que o sistema nervoso consiga se adaptar às situações da vida que podem mudar constantemente. Por meio do tratamento psicológico, mobilizando os processos já explicados, é possível favorecer a plasticidade neural e isso auxilia no tratamento de diversas doenças que afetam o sistema nervoso, por exemplo, a depressão e a ansiedade. Destacamos que os processos de aprendizado, seja por condicionamento respondente ou operante, implicam em mudanças no sistema nervoso e que, por meio de sessões acompanhadas por profissional capacitado e o uso de RV é possível obter resultados bastante efetivos na melhora de quadros de acrofobia. (Cognitivo, 2020)

### **2.4 Destaques conceituais para pesquisa**

Com base nos conceitos e observações apresentados, a tecnologia mais recomendada de RV é a do *Oculus Quest* por oferecer mais recursos quanto à imersão, utilizando de técnicas de redução do CS (por exemplo, com o nariz virtual) para uma experiência sem altos riscos. Para simulação alcançar os melhores desempenhos, os objetos em HP são opcionais.

## **3. Trabalhos Relacionados**

Com o objetivo de avaliar projetos que possuem aspectos semelhantes a esta pesquisa, foram analisados trabalhos com assuntos próximos ao almejado neste trabalho, visando identificar boas

práticas que podem ser utilizadas neste projeto. Para tanto, observou-se suas premissas e ponderou seus resultados.

Conduzimos uma breve revisão da literatura a partir de uma consulta nas bases da eduCapes (UTFPR - RIUT), Academia, PGAC (UEL), *SciELO*, utilizando os seguintes descritores: realidade virtual, fobia, exposição, terapia. Identificamos três pesquisas, das quais selecionamos as três mais recentes e aderentes ao nosso tema de pesquisa, a saber: ADAM (2019), SANTOS (2020), BORLOTI et al. (2018).

A pesquisa de ADAM (2019) teve o objetivo da criação de uma ferramenta que ajude na identificação de pessoas claustrofóbicas. O método desse estudo pode ser resumido da seguinte forma: Foi utilizada uma simulação de RV-imersiva de situações do dia-a-dia em que o indivíduo se vê em ambientes fechados, os quais podem despertar a ansiedade e o medo. O protótipo foi desenvolvido para *smartphone* por meio da *API* da *Google* de RV, que consiste em um código aberto permitindo construir experiências RV multiplataformas imersivas para *Android* e *iOS* (Google Inc., 2019). Após os testes preliminares, o protótipo foi encaminhado para psicólogos para que os mesmos fizessem um teste de usabilidade com pacientes reais, onde fora aplicado o questionário de triagem, selecionando os pacientes que não possuem problemas cardíacos, em seguida o questionário de claustrofobia para separar os voluntários que possuem ou não a fobia. Os resultados obtidos foram que o estudo se mostrou relevante, apontando ser uma ferramenta útil para a detecção da claustrofobia de acordo com respostas obtidas com o questionário à psicólogos. Assim, a conclusão foi que a ferramenta tem potencial para auxiliar nesses diagnósticos de fobias específicas, o que também ajuda a medir o nível de medo do paciente. A principal lacuna no conhecimento deixada por este estudo foi: qual o nível de imersibilidade é necessário para que ocorra os sintomas de uma fobia específica.

A pesquisa de SANTOS (2020) teve o objetivo de fazer a comparação da efetividade entre a exposição por RV e a in vivo em dois participantes com claustrofobia. O método deste estudo pode ser resumido da seguinte forma: Foi utilizado um *Oculus Rift* para o participante que entraria na RV, em que em cada cenário era possível realizar atividades simples, como abrir portas e janelas, alterar o clima e iluminação, sempre com um computador ao lado para a pesquisadora conseguisse ter o controle total do ambiente e saber com o que o participante estava interagindo e onde ele se encontrava. Os resultados obtidos foram que a pessoa exposta obteve ótimos resultados tanto em questão de sua imersibilidade quanto no mal estar que a exposição à essa tecnologia poderia causar. Assim, a conclusão foi que com o passar das sessões, a imersibilidade gradativamente aumentava e a taxa de ansiedade diminuía, apresentando mal estar somente entre as primeiras 5 sessões. A

principal lacuna no conhecimento deixada por este estudo foi: se os sintomas de CS foram um dos principais fatores que contribuíram para o mal estar do paciente nas primeiras 5 sessões.

A pesquisa de BORLOTI et al. (2018) teve o objetivo de diminuir o grau de ansiedade de pessoas que têm fobia em dirigir por meio da exposição a um simulador de direção em RV, intercalando com a exposição in vivo. O método deste estudo pode ser resumido da seguinte forma: Com a participação de seis pessoas para as sessões, utilizou-se o Simulador de Realidade Virtual de Veículo Automotivo, desenvolvido pela *Oníria - LDSoftware S.A.*, apresentando um conjunto de ambientes urbanos com uma variedade de pistas e situações, por exemplo, com muito ou pouco fluxo de pedestres, muito ou pouco trânsito, etc. Os resultados obtidos foram que no começo dos testes, os participantes sentiram muita ansiedade ao ponto de não conseguirem realizar a ação de dirigir e com o passar das sessões fazendo essa intercalação entre a RV e o in vivo, os mesmos apresentaram uma melhora significativa na redução do medo de dirigir em ambos os cenários. Assim, a conclusão foi que os participantes concordaram que tanto as sessões presenciais quanto as sessões de RV fossem incluídas, pois eles acreditam que isso contribuiria para a obtenção de um melhor resultado nas sessões. A principal lacuna no conhecimento deixada por este estudo foi: seu método de exposição, já que foi intercalado, se somente a RV era o mais viável, justamente para não expor o paciente a um perigo real por questões de segurança.

Com base nestes três estudos, verificamos que a principal lacuna existente na literatura sobre o tratamento da acrofobia por meio da RV foi a questão do CS que pode influenciar nos sintomas de aversão à RV e qual grau de imersibilidade é necessária para ativar o efeito de medo num indivíduo com acrofobia. Essa lacuna é importante de ser investigada porque ajudaria a refinar o que somente um cenário pode causar no paciente em diferentes níveis dependendo do seu nível de riqueza em detalhes e se o método utilizado para movimentação pelo ambiente virtual é o mais adequado para minimizar ao máximo os sintomas de enjojo de movimento, para alcançar uma experiência agradável a todo tempo.

#### **4. Método da solução proposta**

Em seguida nesta seção, são apresentados os métodos utilizados nos procedimentos e os materiais utilizados na execução deste trabalho.

##### **4.1 Game Design**

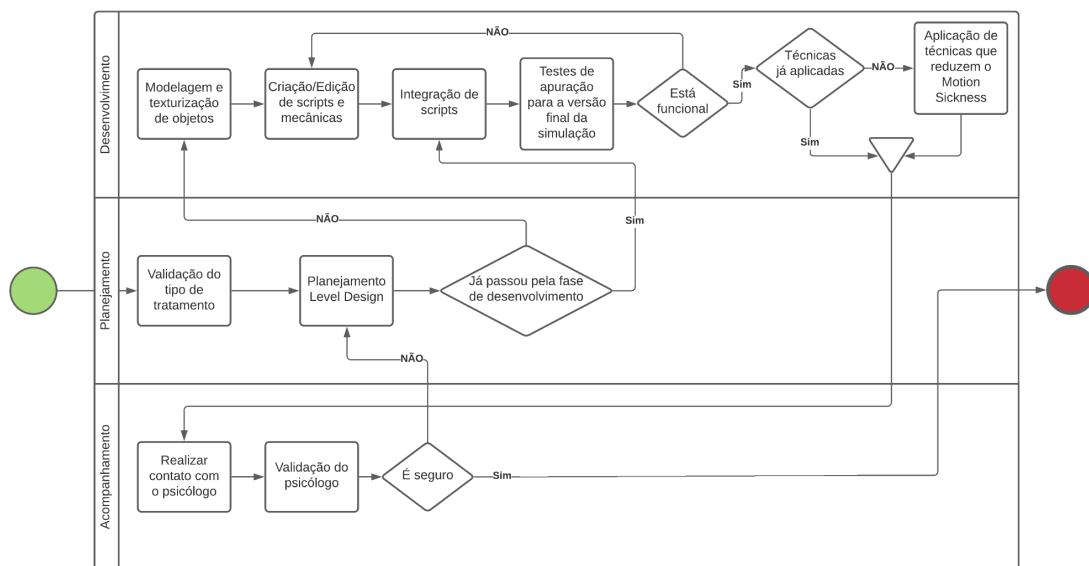
A função primordial do *design* de um jogo é definir sua mecânica, descrever seus elementos e transmitir todas as informações necessárias para compreender o planejamento do jogo. Segundo Adams (2010), esse design engloba não apenas a criatividade, mas também um cuidadoso

planejamento, encontrando um equilíbrio entre métodos e processos irracionais ou imaginativos, e lógicos ou sistemáticos.

Por ter como o objetivo de estimular funções cognitivas, motivação ou a possibilidade de construção de novos conhecimentos, trata-se de um modalidade de jogo chamada de *Serious Game*. Por se tratar de uma aplicação com um propósito específico, seu planejamento demanda o envolvimento de profissionais da área com a qual o conteúdo se relaciona (MACHADO, 2011)

#### 4.1.1 Arquitetura

Para o tratamento da acrofobia, o processo mais utilizado para esse tipo de transtorno é a terapia de exposição do estímulo temido, podendo ser feito com o uso da RV sendo exposto a cenas de altura de forma segura com o terapeuta. Logo o seguinte fluxo de execução foi construído para a solução proposta.



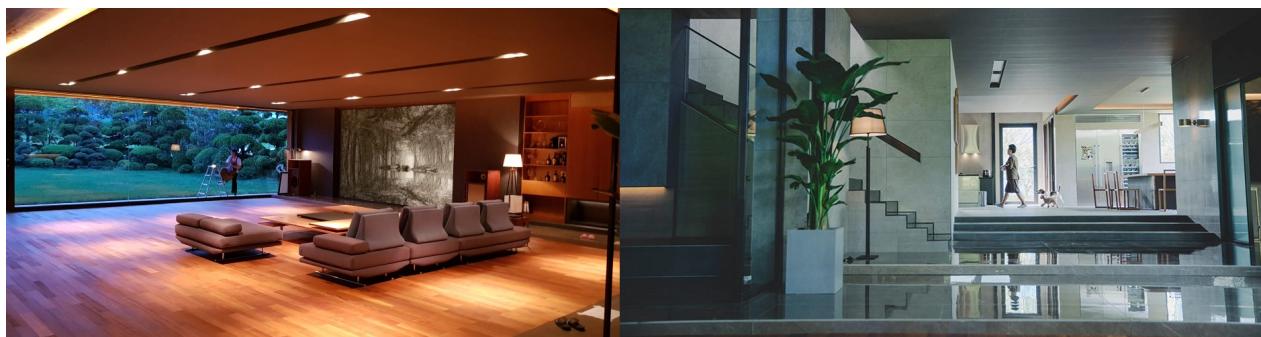
**Figura 8. Fluxograma de execução do projeto**

**Fonte:** Autoria própria

A ideia do ciclo de tratamento é primeiro uma avaliação do psicólogo para identificação do comportamento (acrofobia), iniciar a terapia para começar o tratamento por RV e em casos de sintomas de CS, suspender e começar de novo até o fim da sessão.

#### 4.1.2 Level Design e Roteiro

Realiza-se um estudo para identificar o tipo de cenário mais adequado, levando em consideração a necessidade de ser um ambiente com o qual a maioria dos pacientes tenha contato em seu dia a dia. Inicialmente, cria-se a planta de uma casa simples, no entanto, ao considerar casas de vários andares, são realizadas pesquisas sobre casas modernas para servirem como referência, como é mostrado na Figura 9.

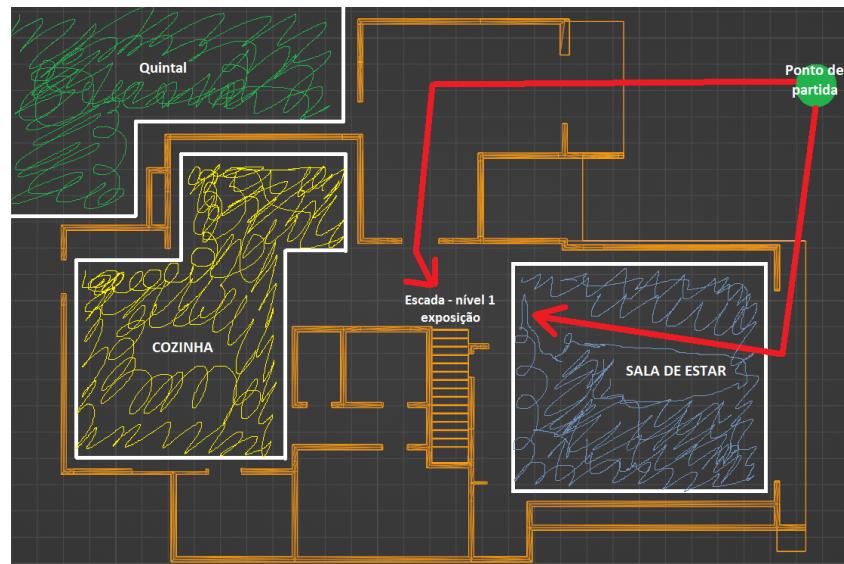


**Figura 9. Imagens de referência do interior da casa do filme "Parasita (2019)"**

**Fonte:** <<https://casa.abril.com.br/>>.

Um roteiro é cuidadosamente elaborado para guiar o paciente em uma rota que, gradativamente, o leva ao nível máximo de exposição à acrofobia. Consistindo em uma estratégia que faz uma abordagem gradual, na qual a exposição ao medo é aumentada progressivamente ao longo do percurso.

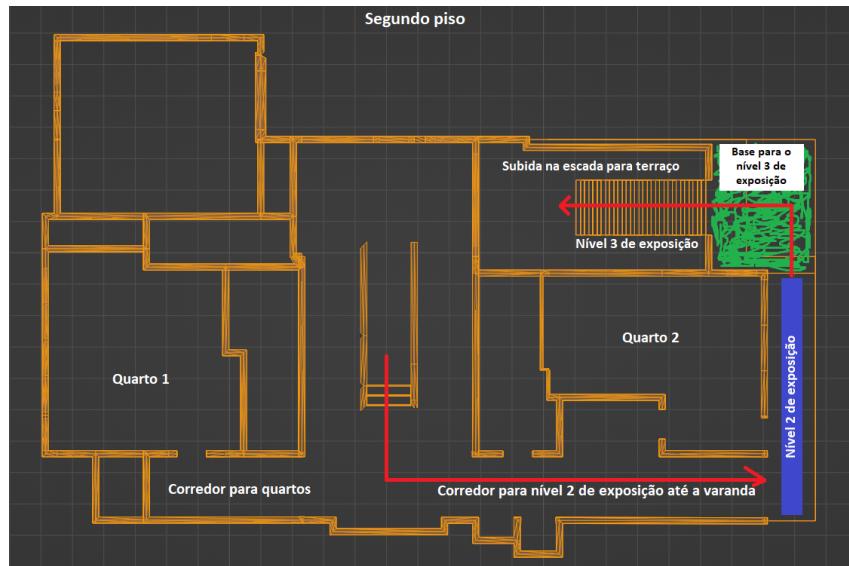
Iniciando a adaptação ao ambiente virtual no ponto de partida, representado por um círculo verde, podendo se locomover pela sala ou cozinha da casa. Em seguida, o paciente avança para a primeira escada, que simboliza o primeiro nível de exposição ao medo de altura. Essa progressão é ilustrada na Figura 10.



**Figura 10. Planejamento do primeiro piso da casa do ambiente virtual**

**Fonte:** Autoria própria.

Após alcançar o segundo andar, o paciente segue caminhando em direção ao segundo nível de exposição, localizado na varanda do Quarto 2, onde essa área é representada pelo retângulo azul como pode ser visto na Figura 11. Em seguida, o paciente encontra a base para o terceiro nível de exposição no quadrado pintado de verde que irá prosseguir para a escada, assim levando ao terraço da casa que representa o último nível de exposição. Uma vez que o terraço corresponde ao teto do corredor e do Quarto 2, não é necessário criar uma planta específica para essa área.



**Figura 11. Planejamento do segundo piso da casa do ambiente virtual**

**Fonte:** Autoria própria.

#### 4.1.3 Jogabilidade

Ao utilizar o *Oculus Quest* como a plataforma alvo para exportar o *software*, existem três métodos de movimentação para este dispositivo: a espacial que utiliza o próprio sistema de rastreamento do óculos, por analógico do controle e a via teleporte. Segundo Balbio et al (2017), descrito em relatório técnico de uma avaliação experimental para fins de minimização do CS, no desconforto geral, fadiga, náuseas, etc, numa escala de 1 (leve) a 3 (severo), somente a movimentação por analógico do controle que apresentou sintomas muito acima da média, em alguns casos próxima do severo.

Então, para garantir o conforto do usuário e evitar qualquer desconforto ou sintoma indesejado, o sistema de teleporte é implementado para a movimentação do personagem. Dessa forma, em vez de exigir que o usuário utilize controles tradicionais, o sistema permite que o personagem seja instantaneamente teleportado de um local para outro dentro do ambiente virtual do jogo. Isso proporciona uma experiência mais suave e agradável para o usuário, eliminando a necessidade de movimentação física ou virtual que possa causar desconforto.

Buscando evitar que o usuário se disperse ao percorrer por vários cômodos da casa, uma abordagem eficiente é manter as portas trancadas durante a experiência no jogo. Nisso, pode contribuir tanto para economizar trabalho e recursos de desempenho, quanto direcionar o usuário de maneira mais focada e objetiva ao longo da rota pré-determinada.

#### 4.1.4 Interface

A interface se refere à forma de comunicação entre o jogo e o jogador, onde a melhor interface é aquela que passa completamente despercebida para o jogador, permitindo que o mesmo se concentre no desenrolar de suas ações e reações. Assim, pensa-se em um menu simples, como pode ser visto na Figura 12, para reiniciar o nível inteiro, voltando ao ponto inicial do cenário, outro botão resetar a posição espacial e rotacional do jogador no ambiente virtual para que o jogador ajuste sua orientação de visão e por fim um botão de saída, para fechar a aplicação.



**Figura 12. Menu principal durante a *gameplay***

**Fonte:** Autoria própria

#### 4.2 Unreal Engine

A *Unreal Engine* (*UE*) consiste em um poderoso motor gráfico para desenvolvimento de jogos e simulação interativa amplamente utilizada na indústria de entretenimento digital. Em um contexto técnico, a *UE* é um engine de renderização e criação de conteúdo desenvolvido pela *Epic Games* (2021) que fornece recursos avançados para criar ambientes virtuais imersivos.

A *UE* em sua versão 5, que é utilizada neste trabalho, destaca-se com o *Nanite*, um novo sistema de renderização em tempo real que usa a tecnologia de micro-polígonos para renderizar eficientemente geometrias detalhadas e complexas, resultando em ambientes altamente realistas e detalhados. Em conjunto com o recurso *Lumen*, que é um sistema de iluminação global totalmente dinâmico, capaz de simular efeitos de iluminação natural em tempo real, incluindo reflexos e sombras realistas, trazendo maior imersão a RV. (Epic Games, 2021)

#### 4.3 Blender

No desenvolvimento deste trabalho, utilizou-se o *software Blender 3D* (versão 3.5.1), para fins de criação e manipulação dos objetos tridimensionais. Trata-se de um pacote de criação 3D gratuito e de código aberto, suportando a totalidade do *pipeline 3D* - modelagem, manipulação, animação, simulação, renderização, composição e rastreamento de movimento. Sendo uma ferramenta bem adequada para indivíduos e pequenos estúdios que se beneficiam de seu *pipeline* unificado e processo de desenvolvimento responsivo. (BLENDER, 2022)

O *Blender* é multi-plataforma e funciona igualmente bem em computadores *Linux*, *Windows* e *Macintosh*. Sua interface usa o *OpenGL* para fornecer uma experiência consistente, sendo um

*software* livre para qualquer finalidade, inclusive comercialmente ou para educação, que está sendo definida pela *GNU General Public License* (GPL) do *Blender*. Sendo um projeto conduzido pela comunidade sob a *GNU*, o público também tem o poder de fazer pequenas e grandes alterações na base de código, o que resulta em novos recursos, correções de *bugs* e maior usabilidade. (BLENDER, 2022)

#### 4.4 *Oculus Quest*

Para o suporte da RV, o *Oculus Quest*, que é um dispositivo autônomo que oferece uma plataforma de realidade virtual completa, tudo-em-um, é utilizado neste trabalho. É um par de óculos tecnológicos de cabeça projetados para jogos eletrônicos e imersão em ambientes virtuais em 3D e 360°. Desenvolvido pela *Oculus*, uma divisão da *Facebook Inc*, o *Oculus Quest* funciona com um sistema operacional baseado no *Android* e foi lançado em 21 de maio de 2019. (Oculus Developers, 2020)

O *Quest* suporta rastreamento de localização em seis graus de liberdade, usando um sensores internos e câmeras na parte frontal do headset, não requerendo de sensores externos como sua versão anterior. As câmeras também atuam como um recurso de segurança de "passthrough" que mostra a visão delas assim que o usuário sai da área designada, que é chamada de *Guardian*. Um recurso que foi crucial para a realização deste trabalho foi o recurso chamado de *Oculus Link*, que foi introduzido no final de 2019, que permite a conexão do Quest com um computador através do cabo USB ou por conexão wi-fi de 5 GHz, tornando possível que *softwares* e jogos compatíveis com o *Oculus Rift* seja possível. (LANG, 2020)

Entregando um sistema de rastreamento "de dentro pra fora" chamado *Oculus Insight*, ele utiliza o conceito de localização e mapeamento simultâneos (SLAM), onde os diodos infravermelhos nos controles são rastreados por meio das quatro câmeras incorporadas na frente do visor. As câmeras capturam o ambiente ao redor e combinam-se com os dados do acelerômetro, tanto dos controles quanto do headset. (ELLIS, 2019)

#### 4.5 Questionários

Dois questionários foram elaborados para a coleta de dados para a usabilidade e para a validação da eficácia da ferramenta, que foram direcionadas para os respectivos públicos, onde cada uma das avaliações têm uma pergunta opcional em aberto para os participantes opinarem sobre possíveis melhorias para com a ferramenta.

##### 4.4.1 Questionário para Avaliação da Usabilidade

Na engenharia de sistemas, o SUS (*System Usability Scale*) é bem simples, são 10 itens na escala de Likert dando a uma visão global de avaliações subjetivas de usabilidade que foi

desenvolvida por John Brooke (1996) na *Digital Equipment Corporation* no Reino Unido em 1986 como uma ferramenta a ser utilizada na engenharia de usabilidade de sistemas eletrônicos, ajudando a avaliar a efetividade, eficiência e satisfação

Seguindo o modelo do SUS e adaptando-o ao tema deste trabalho, 10 afirmações são elaboradas para essa avaliação, fazendo a intercalação entre afirmações positivas e negativas como sugere Brooke (1996), onde os participantes devem indicar seu nível de concordância em uma escala Likert de 5 pontos, variando de "discordo totalmente" e "concordo totalmente". E após a coleta de dados, é feita a pontuação das respostas de 0 a 4, onde a pontuação total pode variar de 0 a 100.

- 1)** O sistema de navegação dentro do ambiente é fácil de usar.
- 2)** A experiência de uso dos óculos de realidade virtual foi desconfortável.
- 3)** Fiquei satisfeito(a) com a qualidade gráfica do ambiente virtual.
- 4)** Conforme fui experimentando o ambiente virtual, não senti como se o que eu estava vendo fosse real.
- 5)** A performance do sistema foi estável (sem interrupções) durante toda a minha experiência.
- 6)** As instruções/orientações que recebi sobre como navegar no ambiente virtual foram desnecessariamente complexas.
- 7)** Durante a experiência, senti nenhum sintoma de enjoo, náusea ou desconforto físico.
- 8)** Não senti vontade de explorar o ambiente virtual.
- 9)** Considero que tive uma experiência agradável de uso da realidade virtual.
- 10)** A taxa de atualização das imagens foram desconfortáveis aos olhos.

#### **4.4.2 Questionário para Avaliação da Eficácia**

Solicitando informações básicas, como a formação, a titulação e o tempo de experiência com o estudo ou intervenção em relação com a acrofobia, foram essenciais para frisar a autoridade de conhecimento sobre o assunto nas respostas dos participantes, pois o público alvo deste questionário foram os profissionais da psicologia que possuem um amplo conhecimento na área de tratamento de fobias com RV.

- 1)** Acredito que esta simulação de RV pode ser usada por um(a) psicólogo(a) como uma intervenção com potencial eficácia, para o tratamento da acrofobia.
- 2)** Acredito que esta simulação de RV pode ser utilizada em conjunto com outras intervenções para maximizar os resultados no tratamento da acrofobia.
- 3)** Acredito que as pessoas possam aderir melhor ao tratamento para a acrofobia, com o uso de tecnologias de RV como essa que foi criada.

- 4) Acredito que seria fácil para o cliente em tratamento aprender a operar a ferramenta que foi desenvolvida.
- 5) Qual aperfeiçoamento você acredita ser necessário acrescentar na ferramenta, para torná-la mais eficaz/útil?

## 5. Resultados e Discussão

Utilizando os materiais e métodos previamente apresentados, neste capítulo são mostrados e discutidos os resultados obtidos a partir do planejamento da ferramenta e suas mecânicas, assim como a demonstração de alguns cenários de RV.

### 5.1 Desenvolvimento do Ambiente Virtual

Nas seções a seguir são descritas as etapas da construção da ambientação de todo o projeto.

#### 5.1.1 Desenvolvimento pelo Blender

É feito um mapeamento de todas as texturas necessárias para a construção do modelo 3D no *Blender*, consultando várias vezes as cenas de dentro e fora da casa do filme em questão, prestando atenção em cada detalhe onde corredores, escadas, vasos de planta e abajures, se encontravam para posicioná-los de forma correta, como é mostrado na Figura 13.



**Figura 13. Modelagem 3D da parte interna da casa no *Blender***

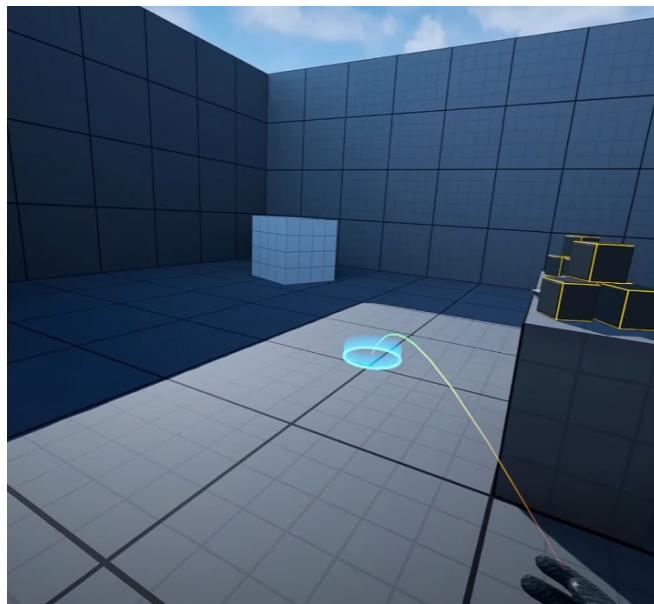
**Fonte:** Autoria própria.

Após a modelagem de todos os objetos e texturização prévia de todos os tipos de superfície, foi feita a exportação de todo o modelo 3D, por meio do próprio *Blender*, para o formato *Autodesk Filmbox* (FBX).

#### 5.1.2 Desenvolvimento pela *Unreal Engine 5*

Para o desenvolvimento inicial, é utilizado o *template* de RV contido no próprio editor da *Unreal Engine*, que contém um sistema de teleporte padrão, como é mostrado na Figura 14, e todos

os *plugins* necessários para que seja possível trabalhar com a RV, tanto em questão de *scripts* do funcionamento das mãos renderizadas quanto na exportação para plataforma a qual será direcionada.

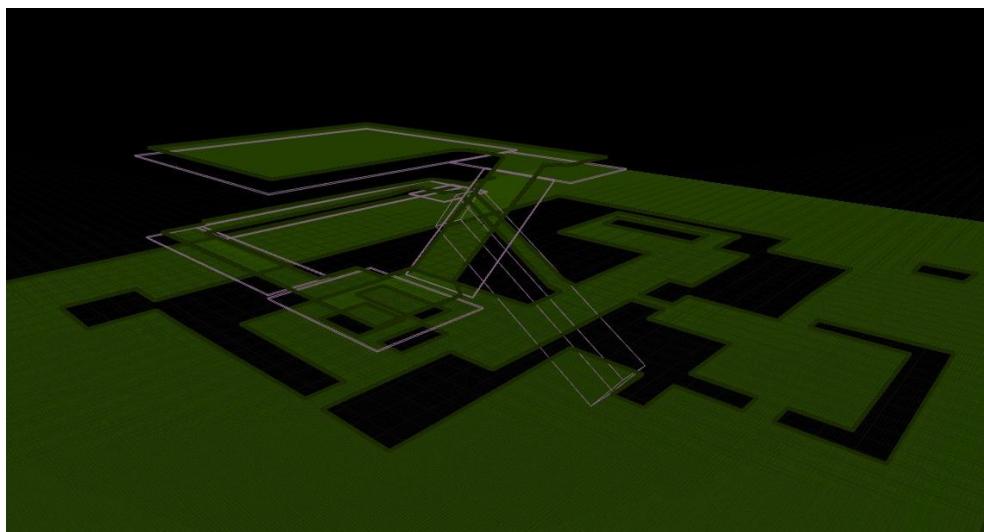


**Figura 14. Template inicial de RV mostrando a movimentação por teleporte**  
**Fonte:** Autoria própria

A partir do *template*, é feita a importação do modelo e texturas da casa a partir do arquivo FBX gerado anteriormente, onde a própria *Unreal* mapeia as texturas criando materiais das mesmas, fazendo com que crie os efeitos de iluminação de cada uma das superfícies.

Para o acionamento da movimentação por teleporte, o analógico do controle da mão direita é movido para a direção Y+ (cima), o que ativa um traçado de raio que aponta para o trajeto final indicado por um círculo azul, fazendo com que o jogador apareça no ponto em questão, sendo esse raio influenciado pela gravidade, pelo qual forma a parábola visto na Figura 14 e nas imagens seguintes.

O sistema de teleporte é mapeado de acordo com as colisões de todas as malhas que tenham um espaço considerável para o jogador pisar, ou seja, todos os pisos contidos da casa. Porém como a complexidade de todas as malhas é muito alta, distorcia muito o mapeamento, então foi retirada todas as colisões geradas automaticamente para manualmente inserir somente colisões relevantes, que estão representadas por polígonos rosa, para criar um caminho para o teleporte sem nenhuma distorção sendo representada por toda a área verde, como é mostrado na Figura 15.



**Figura 15. Mapeamento do sistema de teleporte no ambiente virtual**

**Fonte:** Autoria própria

Ao final de todo o processo de construção dos detalhes para deixar o ambiente virtual mais convidativo para o usuário, ficou firmado 4 níveis de exposição à altura. São eles a escada na parte interna da casa como é mostrado na Figura 16, onde o paciente sobe de degrau em degrau, até chegar ao piso acima.



**Figura 16. Primeiro nível de exposição**

**Fonte:** Autoria própria

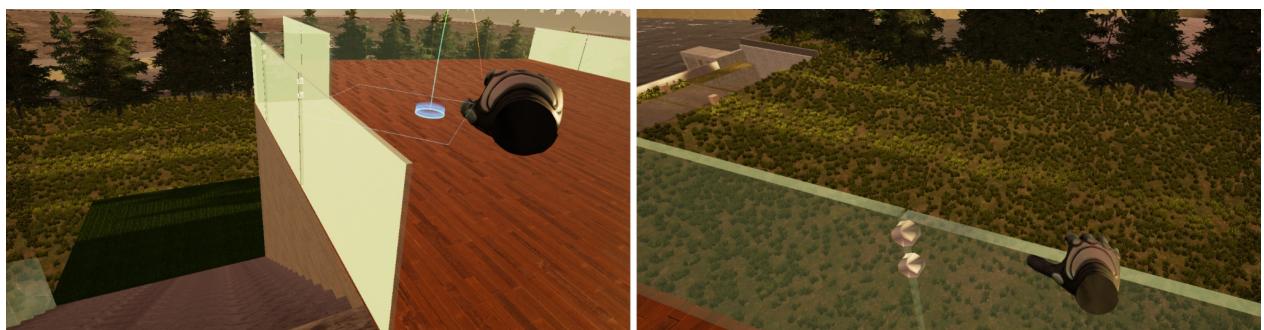
Em seguida é uma caminhada pelo corredor que vai até a varanda que possui barreiras de vidro de segurança, até chegar ao ponto de ter uma visão panorâmica do jardim da casa. Já no terceiro nível de exposição, é utilizada a escada que dá acesso ao terraço da casa, com a mesma ideia da primeira escada, porém com elementos do final do segundo nível (visão panorâmica do jardim), como é visto na Figura 17.



**Figura 17. Segundo e terceiro nível de exposição**

**Fonte:** Autoria própria

E por fim o último nível que é o terraço inteiro, onde tem um amplo espaço para visualizar do alto da casa em todos os ângulos, seja o jardim ou o lago em que a casa se encontra, como pode ser visto na Figura 18.



**Figura 18. Quarto nível de exposição**

**Fonte:** Autoria própria

Onde o menu poderá ser acessado em qualquer momento e em qualquer lugar do ambiente virtual, renderizando acima da mão direita do jogador sendo controlada pelo analógico e podendo confirmar com o gatilho do controle, mostrado na Figura 19.



**Figura 19. Menu interno do jogador**

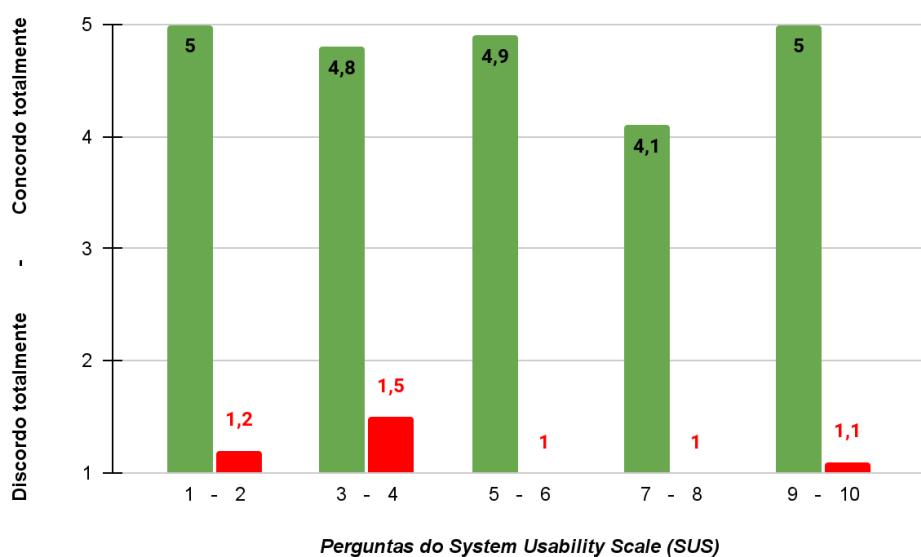
**Fonte:** Autoria própria

## 5.2 Teste de Usabilidade e Validação

Nas seções a seguir serão descritas como foram feitos os testes de usabilidade e de validação da ferramenta.

### 5.2.1 Resultados Obtidos

Após a criação da ferramenta, realiza-se dois testes distintos para o público alvo em específico de cada. Nos testes de usabilidade, são direcionados para 10 alunos da UFRR cursando Ciência da Computação, onde são instruídas as mecânicas e comandos de movimentação na RV. Cada um dos 10 alunos primeiramente fazem o percurso esperado para o tratamento do medo de altura, onde é explicado qual era a ideia de cada ponto da casa, após a leve explicação, são livres para explorarem o cenário como um todo para, após a experiência com o *Oculus Quest*, responderem o questionário de usabilidade no modelo SUS, onde há afirmativas positivas (ímpares) e negativas (pares) como é mostrado Figura 20, exibindo o resultado da média das respostas de cada afirmativas.



**Figura 20. Resultado do teste do SUS**

**Fonte:** Autoria própria

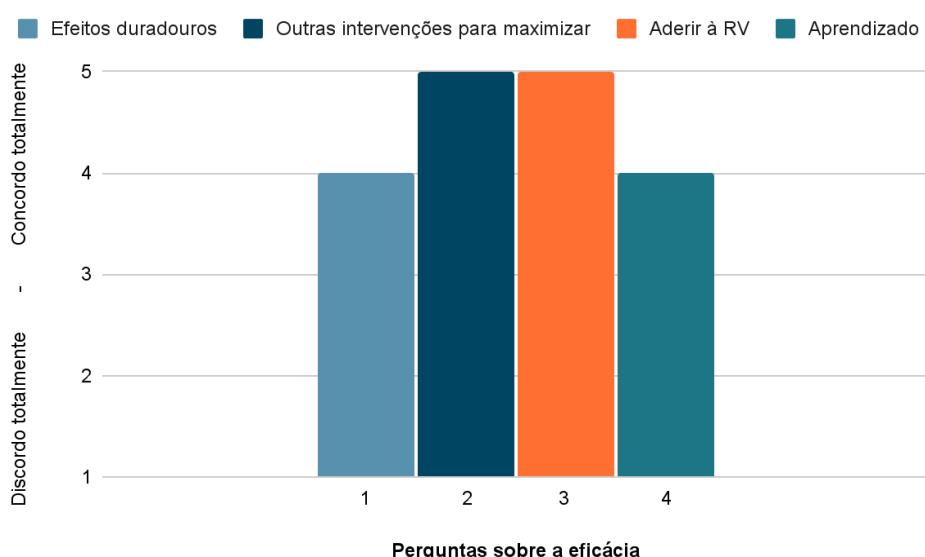
Nas afirmações positivas, marcadas por uma barra verde, na 1 quer saber se o sistema de navegação dentro do ambiente virtual é fácil de usar, o que mostrou ser extremamente fácil, a 3 era sobre a qualidade gráfica do ambiente virtual, resultando em um espaço muito agradável aos olhos, a 5 é sobre a performance do sistema durante os testes, onde não teve problemas de performance, a 7 foi sobre sentir sintomas de enjoo, náusea ou desconforto físico, o que para cada participante era algo diferente, algo único, mas mostrando ser bem consistente em questão de confortabilidade sobre o CS, por fim, a 9 era sobre querer saber dos participantes se tiveram uma experiência agradável durante o uso da RV.

Em contraponto, as afirmações negativas, marcadas por uma barra vermelha, na 2 é sobre a experiência desconfortável ao utilizar o *Oculus Quest*, o que mostrou ser um óculos leve e bem confortável, já que o mesmo é equipado com espumas em suas extremidades, na 4 é sobre sentir que nada ali era real, o que no fotorealismo das texturas selecionadas ajudou muito nessa percepção de que era real, na 6 é sobre o entendimento das instruções de uso da ferramenta sendo desnecessariamente complexas, o que mostrou na opinião dos participantes que foram instruções de fácil compreendimento, na 8 é sobre não sentir vontade de explorar o ambiente virtual, o que mostrou que 100% dos participantes achou ser uma ambientação rica em detalhes e muito convidativa para exploração, por fim, na 10 sobre a taxa de atualização das imagens serem desconfortáveis aos olhos que eram transmitidas para o óculos de RV, resultando em uma simulação bem estável.

Para calcular o quanto a ferramenta desenvolvida é usável, faz-se o cálculo pegando a média de cada uma das respostas fazendo o somatório delas multiplicado por 2,5 onde resultará em uma escala de 0 a 100, seguindo a seguinte fórmula para afirmações ímpares ( $N-1$ ) e pares ( $5-N$ ). O que, neste caso, resulta no cálculo:

$$\begin{aligned} &= ((5 - 1) + (5 - 1,2) + (4,8 - 1) + (5 - 1,5) + (4,9 - 1) \\ &\quad + (5 - 1) + (4,1 - 1) + (5 - 1) + (5 - 1) + (5 - 1,1)) * 2,5 = \quad 38 * 2,5 = \quad 95 \end{aligned}$$

De acordo com o resultado do cálculo de usabilidade do SUS, a ferramenta mostrou-se muito bem avaliada pelos participantes obtendo 95 pontos de 100.



**Figura 21. Resultado do questionário sobre a eficácia**

**Fonte: Autoria própria**

O segundo questionário foi enviado via e-mail aos participantes, que são profissionais da área de psicologia que trabalham com o tratamento de fobias via RV, contendo um vídeo auto explicativo anexado ao formulário, obtendo dados das opiniões de cada um desses profissionais para verificar a eficácia da ferramenta.

Como é mostrado na Figura 21, a primeira pergunta quer saber sobre a ferramenta ser usada por um profissional como uma intervenção com potencial eficácia (atenuação duradoura dos efeitos adversos) para o tratamento da acrofobia, onde mostrou-se, na opinião dos participantes, com um potencial acima da média. Já a segunda pergunta é sobre a utilização em conjunto com outras intervenções de tratamento para maximizar os resultados no tratamento, o que significa que a simulação desenvolvida tem um igual potencial que um tratamento convencional do medo de altura. A terceira é a questão dos pacientes terem mais aceitabilidade para esse tipo de tratamento em RV como essa que foi criada, o que na opinião dos participantes, mostrou ser uma ambientação bem convidativa para a exploração, o que consequentemente também para tratamentos controlados. E a quarta é sobre a facilidade de operação e manuseio de um paciente leigo com a ferramenta, o que mostra ser uma curva de aprendizado bem curta e rápida, já que há somente uma forma de movimentação.

Por fim, a última pergunta são sugestões para melhorias da ferramenta, onde o que mais foi citado foi no nível de exposição na escada externa que leva ao terraço da casa. Pois sugeriram que tivesse menos exposição, porque poderia gerar até mais ansiedade que o último nível planejado.

## **6. Considerações finais**

O objetivo deste estudo foi investigar a validade dos métodos e técnicas estudadas para desenvolver um ambiente de RV imersivo que auxilie no tratamento da acrofobia, com a finalidade de resultar em um tratamento que não coloque o indivíduo em situação de perigo real, buscando responder as perguntas de que se a simulação disponibilizada é bem otimizada e de fácil compreensão para o uso e se é segura para aplicar em pacientes diagnosticados com acrofobia. A partir de questionários voltados tanto para o público em geral quanto para profissionais da área e desenvolvimento em plataformas gratuitas de modelagem tridimensional e criação de jogos, buscamos atingir o nosso objetivo. Verificamos que, de acordo com os resultados obtidos, o produto final desta ferramenta se mostrou com um alto nível de usabilidade, alcançando uma média de 95 pontos de acordo com a pontuação do SUS, e eficaz no tratamento da acrofobia, de acordo com a análise das respostas dos profissionais da área da psicologia que trabalham com a RV, porém com alguns ajustes a serem feitos para extrair 100% do potencial da ferramenta.

Sugerimos que estudos futuros avancem em relação a esta pesquisa, buscando lidar com as limitações que apresentamos. A otimização da simulação, para que seja possível rodar em quaisquer especificações de hardware, expandir a variedade de cenários ao implementar um menu principal para ajustes de altura da câmera, em qual cenário o usuário irá iniciar e variar nos tipos de fobias específicas que a ferramenta poderá tratar.

## 7. Referências

- ADAM, A. A. **Desenvolvimento e validação de uma ferramenta em realidade virtual para identificação de fobia específica.** 2019. Monografia (Bacharel em Computação), UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), Medianeira, Brasil.
- ADAMS, E. **Fundamentals of Game Design: Fundamentals of Game Design 2.** Pearson Education, 2010. (New Riders Games). ISBN 9780132104753.
- ARAUJO, N. G. Fobia específica: passo a passo de uma intervenção bem-sucedida. **Rev. bras.ter. cogn.**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 37-45, dez. 2011. Disponível em: <[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1808-56872011000200007&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-56872011000200007&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- ARAUJO, R. B. **Especificação e análise de um sistema distribuído de realidade virtual.** 1996. Tese (Doutorado), Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- ARROLL, B.; WALLACE, H. B.; MOUNT, V.; HUMM, S. P.; KINGSFORD, D. W. A systematic review and meta-analysis of treatments for acrophobia. **Medical Journal of Australia**, v. 206, p. 263-267, 4 2017.
- BALBIO, V.; SENA, A.; MARIA, R. **Avaliação Experimental de uma Modelagem para Simulator Sickness.** Rio de Janeiro: VISGRAF, 2017. 18 p. (TR-17-08)
- BLENDER, Blender Foundation, [S.I.]. **The Freedom to Create.** 2022. Disponível em: <<https://www.blender.org/about/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- BORLOTI, E.; SANTOS, A.; HAYDU, V. Terapia com exposição à realidade virtual e avaliação funcional para fobia de dirigir: um programa de intervenção. **Avances en Psicología Latinoamericana**, v. 36, p. 235-251, 4 2018. DOI: 10.12804/revistas.urosario.edu.co/apl/a.5329. Disponível em: <<https://revistas.urosario.edu.co/index.php/apl/article/view/5329>>.
- BROOKE, J. SUS – A quick and dirty usability scale. **Usability Evaluation in Industry**, p. 189-194, 1 1996.
- CABALLO, V. **International handbook of cognitive and behavioral treatments for psychological disorders.** [S.I.: s.n.], 1998. v. 177. ISBN 0080434339.
- COELHO, C.; POCINHO, M.; SILVA, C. O tratamento do medo de alturas. **Psicologia Argumento; Vol. 26, No. 53, 2008**, v. 26, 11 2017.
- Cognitivo. **O que é neuroplasticidade e qual a sua relação com a psicoterapia?** 2020. Disponível em: <<https://blog.cognitivo.com/neuroplasticidade/>>.
- CORDIOLI, A. V. **TOC: Manual de terapia cognitivo-comportamental para o transtorno obsessivo-compulsivo.** Porto Alegre: Artmed Editora Ltda., 2014. v. 2. ISBN 9788582710289.
- ELLIS, C. **Oculus Insight: how Facebook unplugged VR and opened virtual worlds to everyone.** 2019. Disponível em:

<<https://www.techradar.com/news/oculus-insight-how-facebook-unplugged-vr-and-opened-virtual-worlds-to-everyone>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

Epic Games. **Unreal Engine 5.** 2021. Disponível em <<https://www.unrealengine.com/pt-BR/unreal-engine-5>>. Acesso em: 19 jun. 2023.

ERGÜREL, D. **Sales of virtual reality headsets to grow 800% in the next 5 years.** 2017. Disponível em: <<https://haptic.al/sales-of-virtual-reality-headsets-to-grow-800-in-the-next-5-years-8e8be69e5cd6>>. Acesso em: 10 set. 2021.

everis Brasil. **Principais processos da modelagem 3D.** 2019. Disponível em: <<https://everisbrasil.medium.com/principais-processos-da-modelagem-3d-8f5baf86f53>>. Acesso em: 10 set. 2021.

Facebook Technologies. **Oculus Quest 2: Our Most Advanced New All-in-One VR Headset.** 2021. Disponível em: <<https://www.oculus.com/compare>>. Acesso em: 12 set. 2021.

FERNANDES, F. D. **Tratamento de Fobias com Ambientes Virtuais.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Informática), ISEP (Instituto Superior de Engenharia do Porto), Porto, Portugal.

Fundação Instituto de Administração. **Realidade Imersiva: o que é, aplicações e tecnologias.** 2019. Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/realidade-imersiva>>. Acesso em: 10 set. 2021.

GARRETT, F. **Técnicas de som 3D do século 19 cria mais imersão na realidade virtual.** 2016. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2016/03/tecnica-de-som-3d-do-seculo-19-cria-mais-imersao-na-realidade-virtual.html>>. Acesso em: 11 set. 2021.

Google Inc. **Quickstart for Google VR SDK for Android.** 2019. Disponível em: <<https://developers.google.com/vr/develop/android/get-started>>. Acesso em: 25 abr. 2021.

Google Inc. **Definição de Compatibilidade do Android 11.** 2020. Disponível em: <[https://source.android.com/compatibility/11/android-11-cdd#7\\_9\\_virtual\\_reality](https://source.android.com/compatibility/11/android-11-cdd#7_9_virtual_reality)>. Acesso em: 12 set. 2021.

GUNZI, A. S. **Som Tridimensional: Métodos de Geração e Modos de Reprodução.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), COPPE/UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), Rio de Janeiro, Brasil.

HUPPERT, D.; GRILL, E.; BRANDT, T. A new questionnaire for estimating the severity of visual height intolerance and acrophobia by a metric interval scale. **Frontiers in Neurology**, v. 8, p. 211, 2017. ISSN 1664-2295. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fneur.2017.00211>>.

LANG, B. **Oculus Link Now Works with USB 2.0 Cables, Including the One that Ships With Quest.** 2020. Disponível em: <<https://www.roaddtovr.com/oculus-link-usb-2-0-tether-quest-charging-cable>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

MACHADO, L.; MORAES, R.; NUNES, F.; COSTA, R. Serious games baseados em realidade virtual para educação médica. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 35, 2011. DOI: 10.1590/S0100-55022011000200015. Disponível em: <[https://www.scielo.br/j/rbem/a/dMfcKJsjS5XdcBJTyNw9SNw](https://www.scielo.br/j/rbem/a/dMfcKJsjS5XdcBJTyNw9SNw/)>. Acesso em 30 jun. 2023.

MALLMANN, A. D.; LIMA, C. S.; PUHL, P. R. Os graus de imersão e informação em realidade virtual. **Itecom - Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação**, 09 2017.

- 40º Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação - Curitiba. Disponível em: <<https://portalintercom.org.br/anais/nacional2017/resumos/R12-1173-1.pdf>>.
- MONTEIRO, E. F. d. S.; ZANCHET, D. J. **Realidade Virtual e a Medicina**. 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-86502003000500017&script=sci\\_arttex](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-86502003000500017&script=sci_arttex)>. Acesso em: 09 out. 2021.
- MOREIRA, M. B.; MEDEIROS, C. A. **Princípios Básicos de Análise do Comportamento**. Porto Alegre: Artmed Editora S.A., 2007. ISBN 9788582711316.
- NIMH. **Anxiety Disorders**. 2018. Disponível em: <<https://www.nimh.nih.gov/health/topics/anxiety-disorders>>. Acesso em: 12 set. 2021.
- Oculus Developers. **Oculus Device Specifications**. 2020. Disponível em: <<https://developer.oculus.com/resources/oculus-device-specs/>>. Acesso em: 21 jun. 2023.
- OMS. **Depression and Other Common Mental Disorders: Global Health Estimates**. 2017. Disponível em: <<http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254610/WHO-MSD-MER-2017.2-eng.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2021.
- Psicanálise Clínica. **Acrofobia: Significado e principais características**. 2019. Disponível em: <<https://www.psicanaliseclinica.com/acrofobia/>>. Acesso em: 14 set. 2021.
- RODRIGUES, G. P.; PORTO, C. Realidade virtual: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações. **Interfaces Científicas - Educação**, v. 1, 06 2013.
- SANTOS, I. Z. **Realidade Virtual e exposição in vivo como intervenções para pessoas diagnosticadas com claustrofobia**. 2020. Dissertação (Mestrado em Análise do Comportamento), UEL (Universidade Estadual de Londrina), Londrina, Brasil.
- SISCOUTTO, R.; KIRNER, C. **Realidade Virtual e Aumentada**. [S.1.]: Editora SBC - Sociedade Brasileira de Comunicação, 2007. (Conceitos, Projeto e Aplicações). ISBN 8576691086.
- Tonka 3D. **O que é e para que servem modelos 3D Low Poly**. 2014. Disponível em: <<http://www.tonka3d.com.br/blog/o-que-e-e-para-que-servem-modelos-3d-low-poly/>>. Acesso em 16 set. 2021.
- TORI, R.; HOUNSELL, M. da Silva (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: Editora SBC - Sociedade Brasileira de Computação. 2018.
- Unity Inc. **Optimizing your VR/AR experiences**. 2020. Disponível em: <<https://learn.unity.com/tutorial/optimizing-your-vr-ar-experiences>>. Acesso em: 16 set. 2021.
- WIENRICH, C.; WEIDNER, C.; SCHATTO, C.; OBREMSKI, D.; ISRAEL, J. A virtual nose as a rest-frame - the impact on simulator sickness and game experience. In: **2018 10th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)**. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 2018. p. 1-8. Disponível em: <<https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/VS-Games.2018.8493408>>.