



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
CAMPUS GAMA – FGA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

**AUTISMYVR: DESENVOLVIMENTO DE AMBIENTE IMERSIVO DE REALIDADE VIRTUAL INTELIGENTE
ADAPTÁVEL A SENSIBILIDADE VISUAL PARA ADOLESCENTES COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

ILTON GARCIA DOS SANTOS SILVEIRA

ORIENTADORA: DRA. MARÍLIA MIRANDA FORTE GOMES
ORIENTADORA (*IN MEMORIAM*): DRA. LOURDES MATTOS BRASIL



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB

FACULDADE UNB GAMA – FGA



**AUTISMYVR: DESENVOLVIMENTO DE AMBIENTE IMERSIVO DE REALIDADE VIRTUAL
INTELIGENTE ADAPTÁVEL A SENSIBILIDADE VISUAL PARA ADOLESCENTES COM
TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

ILTON GARCIA DOS SANTOS SILVEIRA

ORIENTADORA: DRA. MARÍLIA MIRANDA FORTE GOMES

ORIENTADORA (*IN MEMORIAM*): DRA. LOURDES MATTOS BRASIL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM
ENGENHARIA BIOMÉDICA

PUBLICAÇÃO: 132A/2020

BRASÍLIA/DF, DEZEMBRO DE 2020

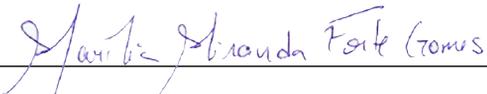
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
FACULDADE UNB GAMA - FGA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

**AUTISMYVR: DESENVOLVIMENTO DE AMBIENTE IMERSIVO DE REALIDADE VIRTUAL
INTELIGENTE ADAPTÁVEL A SENSIBILIDADE VISUAL PARA ADOLESCENTES COM
TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

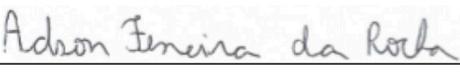
ILTON GARCIA DOS SANTOS SILVEIRA

DISSERTAÇÃO DE Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica

APROVADA POR:



(mat. FUB 1063740)
DRA. MARÍLIA MIRANDA FORTE GOMES
(ORIENTADORA)



(mat. FUB 745731)
DR. ADSON FERREIRA DA ROCHA
(EXAMINADOR INTERNO)



ANDREA CASTELLO
BRANCO
JUDICE:95714766768
Assinado de forma digital por
ANDREA CASTELLO BRANCO
JUDICE:95714766768
Dados: 2020.03.17 17:53:09 -03'00'
DRA. ANDREA CASTELLO BRANCO JUDICE
(EXAMINADORA EXTERNA)

BRASÍLIA/DF, DEZEMBRO DE 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVEIRA, ILTON GARCIA DOS SANTOS

AutismyVR: Desenvolvimento de ambiente imersivo de realidade virtual inteligente adaptável a sensibilidade visual para adolescentes com transtorno do espectro autista

[Distrito Federal], 2020.

80p., 210 x 297 mm (FGA/UnB Gama, Mestrado em Engenharia Biomédica, 2020).

Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica, Faculdade UnB Gama, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Autismo | 2. Ambiente Imersivo de Realidade Virtual |
| 3. Inteligência Artificial | 4. Transtorno do Processamento Sensorial |
| I. FGA UnB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA

Silveira, Ilton Garcia dos Santos Silveira (2020). AutismyVR: Desenvolvimento de ambiente imersivo de realidade virtual inteligente para adolescentes com transtorno do espectro autista. Dissertação de mestrado em Engenharia Biomédica, Publicação 132A/2020, Programa de Pós-Graduação, Faculdade UnB Gama, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 80p.

CESSÃO DE DIREITOS

Autor: Ilton Garcia dos Santos Silveira

Título: AutismyVR: Desenvolvimento de ambiente imersivo de realidade virtual inteligente adaptável a sensibilidade visual para adolescentes com transtorno do espectro autista.

Grau: Mestre

Ano: 2020

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender essas cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

iltonsilveira91@gmail.com

Brasília, DF – Brasil

À minha esposa Lídia, aos meus pais Ilton e Claudete,
à minha irmã Cristiane, à minha tia Cristina, à minha
sogra Marilda, ao meu sogro Moacir, e à querida avó
da minha esposa, Vailda, com amor.

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.”

Provérbios 16:3

AGRADECIMENTO

A **Deus** pelo dom da vida e por tudo que nela Ele me deu, como oportunidades únicas trazidas por pessoas maravilhosas como este mestrado. Pelo Seu eterno e imensurável amor que tanto tem me dado forças para continuar nessa incrível e surpreendente jornada que é a vida. Deus me amou de tal forma que além da salvação, me deu, em vida, as melhores pessoas deste mundo.

À minha **amada esposa** Lídia Isabel Barros dos Santos Silveira pela enorme dedicação e paciência em todas as parcerias nessa vida juntos, desde a graduação e agora no mestrado. Àquela que me incentiva a alçar voos mais altos e acredita em mim até quando eu mesmo duvido. Por me fazer mais forte e com certeza, tornar real e prazerosa a jornada acadêmica. Sempre foi minha vontade, desde criança, de poder desenvolver algum jogo que além de divertido pudesse ser útil.

À **minha mãe, minha irmã** e ao **meu pai** que sempre me apoiaram e me ajudaram desde sempre, deixo um agradecimento especial, por todas as lições de amor, carinho e dedicação. Sinto-me orgulhoso e privilegiado por ter irmã e pais tão especiais. E à minha querida irmã, sempre pronta a me apoiar em tudo nesta vida.

À **professora Lourdes**, em memória, que muito contribuiu me incentivando a buscar mais conhecimento e me aprimorar como pesquisador e como pessoa. Tenho muito a agradecer pela pessoa incrível e o papel fundamental que teve em minha vida. Além da vida científica, também na vida pessoal, pois ela foi a cupido entre mim e minha esposa, como ela mesma gostava de dizer.

À **professora Marília** que abraçou a mim e ao projeto com muito apreço e dedicação para dar continuidade à pesquisa. Agradeço também pela compreensão e o carinho durante todas as etapas da pesquisa.

À banca examinadora pelas contribuições muito significativas ao longo do trabalho e a parceria na construção deste trabalho.

À **Universidade de Brasília (UnB)** que permitiu e me proveu esta experiência incrível que foi o mestrado. Aos servidores, professores e instalações.

RESUMO

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é a nomenclatura utilizada para se referir ao transtorno que engloba e agrupa os transtornos do neurodesenvolvimento que apresentam déficits na comunicação, na interação social e padrões repetitivos. Essas pessoas apresentam dificuldades para interagir e falta de interesse pela socialização, tornando este um importante alvo de intervenção terapêutica. Atualmente, algumas pesquisas demonstram a utilização de Realidade Virtual (RV) nas intervenções terapêuticas. No entanto essas pesquisas não chegam a evidenciar o real impacto de RV na intervenção e, em grande parte, devido a não adaptação de RV às necessidades específicas do paciente autista.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um manual de como desenvolver/implementar Ambientes Imersivos de Realidade Virtual (AIRV) adaptados às necessidades específicas de pessoas com TEA. Assim sendo, este trabalho se dedica aos meios e métodos de desenvolvimento e adaptação do AIRV utilizando-se dos requisitos definidos pela pesquisa correlata que levantou os requisitos funcionais e não-funcionais a serem adaptados às demandas específicas de pessoas com TEA e suas Disfunções de Integração Sensorial (DIS).

Esta pesquisa revelou que é possível adaptar todos os requisitos funcionais e não-funcionais ao longo do desenvolvimento de um AIRV para pessoas com TEA respeitando suas necessidades a partir de suas DIS. Esta pesquisa também revelou a possibilidade de automação destas adaptações com o uso de Inteligência Artificial (IA) utilizando os dados de padrões de movimento cervical. O modelo de manual permite a replicação do desenvolvimento de modo guiado.

PALAVRAS-CHAVES: Autismo, Ambiente Imersivo de Realidade Virtual, Inteligência Artificial, Transtorno do Processamento Sensorial.

ABSTRACT

The Autism Spectrum Disorders (ASD) is the nomenclature for disorders that include the neurodevelopment disorder about communication deficits, social interactions and repetitive patterns. Those people demonstrate difficulties interacting and lack of interest in socialization, because of that it is an important therapeutic intervention area. Nowadays, many research efforts include the usage of Virtual Reality (VR) in therapeutic intervention. However, those researches do not evidence the real impact of VR technology applied for therapeutic interventions, especially because the VR applied do not meet ASD needs.

The present research work aims to describe the development of an Immersive Virtual Reality Environment (IVRE) adapted for ASD specific needs. Moreover, this work aims to show the means and methods needed to develop and adapt IVRE using the correlated research requirements, which expose the main functional and non-functional requirements to fulfill ASD specific needs.

This research showed that it is possible to develop an IVRE for ASD people while complying with the required functional and non-functional specifications. This research also showed the possibility of employing automating adaption of visual stimulus using Artificial Intelligence (AI). This dissertation can also serve as manual/tutorial model that can facilitate future use of this work.

KEYWORDS: Autism, Artificial Intelligence, Immersive Virtual Reality Environment, Sensory Processing Disorder.

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Apresentação	1
1.2	Contextualização e formulação do problema	1
1.3	Objetivos.....	5
2	Histórico e Fundamentação Teórica	6
2.1	Requisitos	6
2.1.1	Funcionais.....	6
2.1.2	Não funcionais	7
2.2	Realidade Virtual.....	7
2.2.1	Imersiva	7
2.2.2	Tipos e Abordagens de RV.....	13
2.2.3	Perspectiva e modo de jogo	14
2.3	Sistema de Câmeras	14
2.3.1	O impacto do sistema de câmeras no autismo	15
2.4	Iluminação	15
2.4.1	O impacto da iluminação em pessoas com autismo	17
2.4.2	<i>Point Light</i> (Lâmpada)	17
2.4.3	<i>Spot Light</i> (iluminação em forma de cone).....	19
2.4.4	<i>Directional Light</i> (Luz do Sol).....	20
2.4.5	<i>Area Light</i> (lâmpadas e limites de área)	21
2.4.6	<i>Emissive Material</i> (Material Florescente)	22
2.4.7	Estudo de materiais para o fotorrealismo	22
2.4.7.1	Importância do estudo de materiais e texturas para TEA	23
2.4.8	<i>Baked Light</i> e Otimização Computacional	25
2.5	Modelagem	27
2.5.1	Modelagem de Cenário.....	28
2.5.2	Modelagem de Personagem e a autopercepção	30
2.6	Física	32
2.6.1	Colisões	33
2.6.2	Massa e gravidade	34
2.7	Interações.....	36
2.7.1	Mecanismos de interação em Realidade Virtual	36
2.7.2	Mecanismos de interação em jogos (<i>joysctick</i>).....	38
2.8	Animações	38
2.8.1	Gravação da animação.....	40
2.8.2	Animações e o TEA.....	40
2.8.3	Máquina de Estado	41
2.8.4	<i>RigDoll</i> (estrutura óssea)	42

2.8.5 RigDoll e o TEA	43
2.9 Ferramentas	43
2.9.1 Categorização.....	43
2.9.2 Loja de Assets	43
2.9.3 Modelagem	44
3 Materiais e Métodos	45
3.1 Delimitação do estudo e Pesquisa Bibliográfica.....	46
3.2 Prototipação ágil e validação com profissional.....	47
3.3 Desenvolvimento dos algoritmos de Inteligência Artificial	50
3.4 Metodologia de documentação em formato <i>wiki</i>	51
4 Resultados.....	52
4.1 Resultado da pesquisa bibliográfica.....	52
4.2 Levantamento da marca de referência – comparação entre <i>engines</i>	54
4.3 Resultado do protótipo desenvolvido.....	55
4.4 Inteligência Artificial desenvolvida	58
4.5 Manual.....	59
5 Conclusão	62
6 Lista de referências	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1. Revisão de Literatura pelos descritores	53
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1. Curso Metodológico e Intersecção das pesquisas	46
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. <i>Battle of Borodino</i> , 181 - Pintura Panorâmica. Fonte: <i>Virtual Reality Society</i>	8
Figura 2.2. Conversão de imagens 2D em 3D por aproximação de réplicas. Fonte: próprio autor.	9
Figura 2.3. Simulador de Voo (VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017).	10
Figura 2.4. Sensorama e sua filmagem (1950) (VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017).	11
Figura 2.5. Primeiros equipamentos interativos de RV (VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017)	13
Figura 2.6. Exemplo de "iluminação com bug".	16
Figura 2.7. <i>Point Light</i> (Fonte: UNITY, 2019).	18
Figura 2.8. <i>Spot Light</i> (Fonte: UNITY, 2019)	19
Figura 2.9. Luz direcional (UNITY, 2019).	20
Figura 2.10. Exemplo de iluminação com área delimitada (UNITY, 2019).	21
Figura 2.11. Material Emissivo de iluminação (UNITY, 2019)	22
Figura 2.12. Exemplo de cenário em fotorrealismo (Fonte: UNITY, 2019)	23
Figura 2.13. Exemplos de texturas de sofá. Fonte: montagem do próprio autor.	24
Figura 2.14. Estudo de Material. Fonte: UNITY, 2019.	25
Figura 2.15. Iluminação calculada em tempo real vs. Iluminação <i>Baked</i>	26
Figura 2.16. Modelo sem texturas, somente <i>mesh</i> de um cenário. Fonte: UNITY, 2019.	27
Figura 2.17. Modelagem de cenário e de relevo.	29
Figura 2.18. Exemplo de corpo em RV integrado aos sensores de RV. Fonte: <i>Unity Asset Store</i>	30
Figura 2.19. modelagem de personagem (fonte: <i>Blender Community</i>)	31
Figura 2.20. Tipos de colisores disponíveis na Unity (UNITY, 2019).	33
Figura 2.21. Colisor que encerrou antes do fim do <i>mesh</i> . Fonte: tutorial <i>Unreal</i>	35
Figura 2.22. Exemplos de Joysticks usados para interagir com o AIRV.	36
Figura 2.23. <i>OmniDirectional Cyberith</i> + Oculus Rift + Wii Mote. Fonte: Cyberith, 2014.	37
Figura 2.24. Comparação da atividade cerebral. Fonte: Sokhdze et al., 2018 (com adaptação).	39
Figura 2.25. Exemplo de gravação de animação na Unity. Fonte: Manual da Unity, 2019.	41
Figura 2.26. Exemplo de transição de estados em animações. Fonte: Manual da Unity, 2019.	42
Figura 2.27. Exemplo de modelagem de personagem com Blender (fonte: tutorial Blender)	44
Figura 4.28. Tabelas de comparação de <i>engines</i> (SILVEIRA et al., 2019a).	55
Figura 4.29. <i>Point Light</i> - Cenário AutismyVR (fonte: próprio autor)	56
Figura 4.30. <i>Spot Light</i> – Cenário AutismyVR (próprio autor).	57
Figura 4.31. Luz direcional - Cenário AutismyVR.	57
Figura 4.32. Teste de Turing – AutismyVR.	58
Figura 4.33. Foto do passo a passo do manual eletrônico (<i>wiki</i>) – Passo 4 e 5 de exemplo	60
Figura 4.34. Evolução do AIRV do Consultório.	61

LISTA DE NOMENCLATURAS E ABREVIações

AG	Algoritmo Genético
AIRV	Ambiente Imersivo de Realidade Virtual
AM	Aprendizado de Máquina
CDC	Centro para Controle e Prevenção de Doenças dos Estados Unidos da América
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
COPM	Medida Canadense de Desempenho Ocupacional
DSM V	Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais
EUA	Estados Unidos da América
FGA	Faculdade do Gama
FPS	<i>Frames per Second</i>
HMD	<i>Head Mounted Display</i>
IA	Inteligência Artificial
MR	<i>Mixed Reality</i>
MLP	<i>Multiple Layer Perceptron</i>
NPC	<i>Non-Player Characters</i>
IA	Inteligência Artificial
OMS	Organização Mundial da Saúde
ProIC	Programa de Iniciação Científica
PPGEB	Programa de Pós-Graduação de Engenharia Biomédica
RA	Realidade Aumentada
RNA	Redes Neurais Artificiais
RV	Realidade Virtual
RVI	Realidade Virtual Imersiva
SES-DF	Secretaria de Estado em Saúde de Distrito Federal
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TEA	Transtorno do Espectro Autista
TO	Terapeuta Ocupacional
TPS	Transtorno do Processamento Sensorial
UCB	Universidade Católica de Brasília
UnB	Universidade de Brasília
VPL	<i>Visual Programming Lab</i>

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Este projeto foi iniciado na Universidade de Brasília na Faculdade do Gama (UnB/FGA). Iniciou-se em uma pesquisa correlata anterior a este trabalho, no qual foi feito o levantamento de todas as demandas para pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Assim sendo, este projeto utilizou esta pesquisa correlata como base para o desenvolvimento (SILVEIRA, 2020).

O objetivo deste trabalho foi apresentar de forma técnica, porém não distante do entendimento de pessoas que não sejam da área de tecnologia. Este projeto demonstra e oferece ao pesquisador leitor a possibilidade de reproduzir Ambientes Imersivos de Realidade Virtual (AIRV) adaptados a pessoas com TEA, facilitando os testes de novas hipóteses sobre a aplicação de Realidade Virtual (RV).

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

1.2.1 Proposta de pesquisa

O Transtorno do Espectro Autista, segundo a última versão do Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais, conhecido como DSM V, é o termo que contempla os transtornos do neurodesenvolvimento que se apresentam segundo a tríade dos seguintes achados: déficits na comunicação, interações sociais e padrões repetitivos e restritos de comportamento, interesses ou atividades (DSM, 2013). Além dessa tríade, estima-se que 95% das pessoas com TEA possuam Transtorno do Processamento Sensorial (TPS). O TPS é a dificuldade que a pessoa apresenta em integrar as informações recebidas do meio (GUTIÉRREZ; CHANG; IMPERATORE, 2016).

A literatura demonstra que não há consenso sobre ganho significativo relacionado à aplicação da Realidade Virtual (RV) em terapias relacionadas ao TEA. Porém todos os estudos relatam a alta potencialidade desta metodologia como prática terapêutica (KANDALAFT et al., 2013). Uma das motivações deste trabalho consiste em explorar a lacuna percebida nos

outros estudos que aplicaram Ambientes Imersivos de Realidade Virtual (AIRV) em terapias relacionadas ao TEA, mas que negligenciaram as adaptações ao TPS.

O Centro para Controle e Prevenção de Doenças dos Estados Unidos da América (CDC) realizou uma pesquisa de revisão sistemática dos estudos já existentes de prevalência do TEA. O resultado de sua revisão revelou que o TEA afeta cerca de 1% da população mundial (CDC, 2014). A estimativa da população com TEA era de 1 em 160 (0,62%) entre 2010 e 2012, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018); ou seja, de 2010 para 2014 a quantidade de diagnósticos quase dobrou. Esse aumento pode ter ocorrido em virtude da melhoria no diagnóstico, seja pela evolução da quantidade de informações a respeito do TEA ou por questões externas ao sistema de saúde, tal como evolução no sistema de apoio ao paciente (família e escola) em que as pessoas têm se tornado mais atentas e mais conscientes em relação aos sinais associados à saúde mental. Independente do real motivo deste aumento no número de pessoas diagnosticadas, uma das motivações para o desenvolvimento deste trabalho é esse crescente índice de diagnósticos. Outra motivação significativa para este trabalho foi a influência dos TEA na condição econômica e social dos portadores dessa condição, pois as pessoas que apresentam quadro leve podem, caso sejam estimuladas, ser efetivamente inseridas na sociedade, tornando-se economicamente ativas, com diminuição de seu sofrimento devido a marginalização social, tornando-as produtivas para si, para seus familiares e para o país (OMS, 2018).

Para tanto, foi desenvolvido um projeto de pesquisa que foi dividido em duas linhas: a) levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais e apontamento das diretrizes para o desenvolvimento de um AIRV adaptável para adolescentes com TEA; e b) desenvolvimento do AIRV, adaptado aos requisitos e auto ajustável à sensibilidade visual dos indivíduos.

A primeira pesquisa foi desenvolvida em paralelo por uma pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB), que ficou responsável pelo levantamento bibliográfico das especificidades do usuário com TEA, e por elencar os requisitos que requerem adaptação específica para cada usuário. O resultado dessa pesquisa foi publicado em Silveira (2020).

Como levantado pela pesquisa correlata (SILVEIRA, 2020), os trabalhos que aplicaram AIRV para autistas, conforme suas imagens dos cenários e abordagens de aplicação, é evidente

o uso massivo de jogos tradicionais, demonstrando a negligência quanto à adaptação do AIRV ao contexto do indivíduo. A referida pesquisa sugere que essa negligência ocorreu, em parte, devido à falta de interação entre profissionais de tecnologia/engenharia com os pesquisadores da área da saúde, de forma que os jogos não possuíam adaptações. Os principais jogos utilizados usualmente são o *The Sims* e o *Second Life*, que, além de serem jogos para pessoas neurotípicas (não-autistas), são de modalidades não imersivas de RV (SILVEIRA et. al., 2019a).

Essa interpretação da problemática que permeia os trabalhos já realizados até aqui não seria possível sem a parceria de uma equipe multidisciplinar. Ter na equipe o especialista e o programador, para pensar, problematizar e solucionar o impasse, enriqueceu o trabalho.

Foi neste sentido que se propôs o desenvolvimento de um AIRV que pudesse proporcionar um ambiente virtual adequado para se Treinar Habilidades Sociais (THS) em pessoas com TEA segundo os requisitos da pesquisa correlata. Para isso, foram selecionadas as quatro principais atividades selecionadas para o desenvolvimento do AIRV adaptado: 1) estudo das possibilidades/capacidade de adaptação das *engines* de desenvolvimento de AIRV, incluindo a efetiva eleição da *engine* a ser utilizada; 2) esboço em perspectiva do ambiente 2D para o desenho do AIRV; 3) levantamento dos *assets* (elementos gráficos) a serem utilizados e estudos de fotorrealismo da aplicação desses *assets* (por exemplo, em relação a materiais); 4) Criação do AIRV com as devidas configurações funcionais e não-funcionais. Essas atividades ainda contemplam subatividades como, por exemplo a automação de mudança nos estímulos visuais relacionados aos cenários usando Inteligência Artificial (IA).

A partir do resultado do levantamento dos requisitos funcionais e não-funcionais realizado por (SILVEIRA, 2020), este trabalho objetivou desenvolver um AIRV capaz de se auto adaptar às necessidades de TPS do perfil sensorial visual das pessoas com TEA e com interações e cenários que permitam a melhor experiência de intervenção do terapeuta. Além do desenvolvimento em si, o trabalho também teve como objetivo o desenvolvimento e a apresentação de um tutorial para criação de um AIRV com as especificidades propostas. O conteúdo deste trabalho visa demonstrar o curso metodológico para o desenvolvimento de AIRV adaptado aos TPS, bem como apresentar um AIRV desenvolvido e um manual para a reprodução deste. A reprodutividade guiada deste trabalho visa tornar a aplicação dos requisitos

propostos em algo que chegue ao público final por meio de ensaios clínicos desenvolvidos por este ou por outros grupos de pesquisa. Os elementos deste trabalho serão disponibilizados de forma parcialmente gratuita e parte como link direto para a tela de compra dos *assets* que são pagos, de forma que os pesquisadores da saúde, programadores e interessados no assunto, que se interessem em implementar sistemas similares ao aqui descrito possam adquirir os itens pagos utilizados nesta proposta. Assim, esse trabalho poderá auxiliar em processos de cocriação interligando estudos que apliquem AIRV adaptados e modelados especificamente para as necessidades dos TEA. Por fim, a exposição técnica também deve funcionar como um guia para a reprodução deste trabalho e a recepção das possíveis contribuições que possam levar ao aperfeiçoamento de futuras versões, e de trabalhos de natureza similar.

1.2.2 Formulação do Problema

Para compreender o tema e quais trabalhos já vêm sendo realizados nesta área foi feita uma pesquisa bibliográfica, que é descrita nos resultados deste trabalho. A partir do estudo dos trabalhos encontrados, bem como do resultado do trabalho da pesquisa correlata, percebeu-se a latente necessidade de criação de AIRV personalizados para pessoas com TEA (SILVEIRA, 2020).

Além do problema da falta de um AIRV personalizado, foi identificada também a necessidade de se desenvolver essa pesquisa de forma que possa ser reproduzida e personalizada para as necessidades de outros pesquisadores em RV para TEA e de acordo com as especificidades de suas pesquisas e hipóteses.

Para se compreender o caminho percorrido neste estudo e suas diferentes etapas, apresenta-se, a seguir, como estão organizados e estruturados os capítulos que o compõem, apresentando, assim, as partes principais desta dissertação.

No capítulo II é apresentado o levantamento Histórico e a Fundamentação Teórica cuja finalidade foi apresentar a evolução da RV e os conceitos inerentes a adaptação do AIRV às necessidades das pessoas com TEA e seus TPS.

No Capítulo III são descritos os métodos, procedimentos e instrumentos utilizados na coleta e tratamento dos dados.

No Capítulo IV são apresentados os resultados, que são discutidos com base na literatura e na perspectiva de buscar respostas aos problemas levantados. Também são destacadas soluções práticas para serem implementadas no desenvolvimento e adequação da AIRV, bem como a apresentação do produto desenvolvido neste trabalho. Trata-se de resgatar os resultados obtidos no estudo empírico e transportá-los adequadamente para o universo de produção.

No capítulo V são apresentadas as conclusões do presente estudo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.2 Objetivo Geral

Analisar o contexto do TEA em relação aos AIRV. Desenvolver um AIRV adaptado às necessidades do TEA; desenvolver e disponibilizar um tutorial de uso e/ou reprodução/adaptação do AIRV AutismyVR.

1.1.3 Objetivos Específicos

Desenvolver um AIRV com os cenários propostos na pesquisa correlata (SILVEIRA, 2020): consultório, restaurante e escola; apresentar materiais que permitam a reprodutividade deste trabalho em um tutorial no formato *wiki*. Para o desenvolvimento do AIRV as seguintes atividades foram desenvolvidas, além da documentação de cada uma em formato *wiki*:

- a) Modelar e/ou adquirir e adaptar os objetos 3D dos cenários;
- b) Modelar e/ou adquirir e adaptar os cenários/terrenos;
- c) Desenvolver e personalizar a interação na RV;
- d) Desenvolver o mecanismo de adaptação automática;
- e) Desenvolver a IA de adaptação automática ao TPS;
- f) Desenvolver a IA dos NPC.

2 HISTÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo objetiva elucidar o histórico da evolução tecnológica dos meios e métodos de interação e desenvolvimento do AIRV. Aqui, é apresentada a fundamentação teórica necessária para que pesquisadores que queiram desenvolver o AIRV e/ou adaptar o AIRV do AutismyVR consigam ser capazes de reproduzir os experimentos e desenvolvimento elaborado e descrito neste trabalho, bem como suas alterações e requisitos/propostas próprias.

2.2 REQUISITOS

Realidade Virtual (RV), também conhecida como ambiente virtual, é a nomenclatura usada para denotar a tecnologia aplicada para reproduzir ambientes reais em um contexto virtual (MAZURYK; GERVAUTZ, 1996). As plataformas de RV são concebidas para criar ambientes que forneçam um senso de realidade.

Os requisitos que foram aplicados neste trabalho foram levantados na pesquisa correlata (SILVEIRA, 2020). Estes requisitos levantados na pesquisa levaram em consideração tanto as necessidades do TEA para os requisitos não funcionais como também as demandas e os requisitos funcionais pertinentes à prática terapêutica de intervenção, no treino de habilidades sociais.

2.1.1 Funcionais

Os requisitos funcionais são as características relacionadas com a finalidade para a qual o sistema se dedica. Nessa etapa, define-se como o sistema funcionará (RIOS & JANISSEK-MUNIZ, 2014). Em um AIRV, os requisitos funcionais são aqueles relacionados, por exemplo, às interações possíveis do sujeito autista imerso e os objetos do AIRV. Foram definidos como requisitos funcionais as demandas da prática terapêutica: Interação Verbal e Visual com objetos do cenário e com outros personagens, sejam estes personagens jogadores ou personagens não controlados por jogador (*non-player character* – NPC) que são controlados por Inteligência Artificial (SILVEIRA, 2020).

2.1.2 Não funcionais

Os requisitos não funcionais são características que estão fora do âmbito das características de funcionamento do sistema (BENITTI & RHODEN, 2015) mas que afetam as funcionalidades que devem ser executadas. Geralmente os requisitos não funcionais se referem à qualidade do produto e/ou ambientações. Em um AIRV, os requisitos não funcionais são aqueles relacionados, por exemplo, ao conforto visual do sujeito autista imerso; aos meios e métodos de interação homem-máquina etc. Foram definidos como requisitos não funcionais as demandas de adaptação do cenário ao perfil sensorial da pessoa com TEA imersa no AIRV (SILVEIRA, 2020).

2.2 REALIDADE VIRTUAL

A primeira apresentação de um termo para este conceito surgiu em 1975 com Myron Krueger sob o nome de “Realidade Artificial”. As técnicas e o conceito de expressar o mundo real em um contexto virtual surgiu junto com o desenvolvimento dos primeiros jogos. Realidade Virtual, que é o termo mais utilizado hoje em dia, foi criado em 1989 por Jaron Lanier. Em 1992 foram desenvolvidos os primeiros sistemas com experiência imersiva de RA, começando com o sistema *Virtual Fixtures*, desenvolvido no laboratório *Armstrong* da Força Aérea Norte Americana (SCHMITT, AGARWAL & PRESTIGIACOMO, 2012).

A AIRV proveniente do presente é denominada AutismyVR (meu autista em RV). Assim sendo, ao longo deste trabalho o termo AutismyVR se refere ao AIRV desenvolvido.

2.2.1 Imersiva

A Realidade Virtual Imersiva (RVI) vai muito além do uso dos óculos de RV, que é um item desnecessário nas demais modalidades de ambientes virtuais. Todas as interações no AIRV são planejadas e feitas de forma a imergir cada vez mais os sentidos e membros da pessoa. Historicamente, a cabeça foi o primeiro membro do corpo a ser imerso em um AIRV. A primeira tentativa de imersão fez-se por meio de pinturas panorâmicas pintadas em uma parede circular

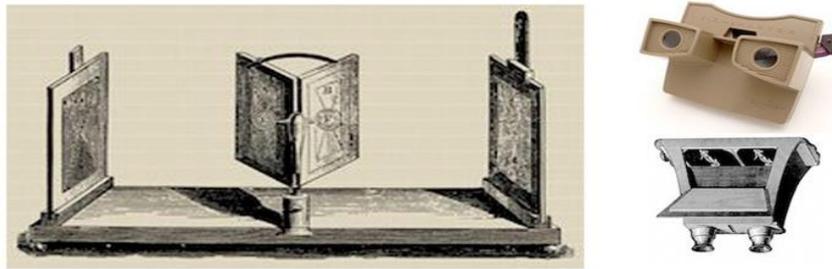
dando a sensação da pessoa estar dentro do cenário da obra, como mostra a **Figura 2.1.** (VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017).



g) **Figura**

2.1. *Battle of Borodino*, 181 - Pintura Panorâmica. Fonte: *Virtual Reality Society*.

Em 1838 surge a primeira proposta de experiência imersiva utilizando-se de algo portátil/móvel. Se tratava do *Stereoscopic Photos*, que consistia em apresentar a mesma imagem bidimensional, duas vezes ao mesmo tempo, bem próximas aos olhos do observador, para que cada imagem fique como “foco” de um olho. Com este experimento, Charles Wheatstone demonstrou que o cérebro processa duas imagens bidimensionais iguais e disponíveis uma para cada olho como um único objeto tridimensionais. Esta teoria é o que embasa todas as melhorias nos óculos de RV até hoje (VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017). A **Figura 2.2.** mostra: 1. *Stereoscopic Photo* (laranja) – 1838 (Charles Wheatstone); 2. *Stereoscopic* (segunda maior imagem) – 1838 (Charles Wheatstone); 3. 1939 - *The View-Master* (William Gruber) – foto de uma réplica em um museu; 4. 1849 *The lenticular stereoscope* (David Brewster) – última imagem em cinza.



Figura

2.2. Conversão de imagens 2D em 3D por aproximação de réplicas. Fonte: VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017.

O primeiro exemplo de imersão que imergiu outros membros do corpo, além da cabeça, na simulação, foi o projeto *Link trainer* de 1929, de Edward Link. Este era um simulador de voo para treinamento de pilotos e se tratava de um simulador elétrico/mecânico que se assemelha muito a simuladores de jogos presentes em área de recreação de crianças nos atuais *shopping centers*. A **Figura 2.3** demonstra um oficial da aeronáutica americana utilizando-se do simulador (VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017). No que tange a TPS dos TEA, a capacidade de imersão dos demais membros do corpo se faz fundamental para entender melhor o comportamento e a sensação do indivíduo, bem como ajudá-lo a entender melhor seu próprio

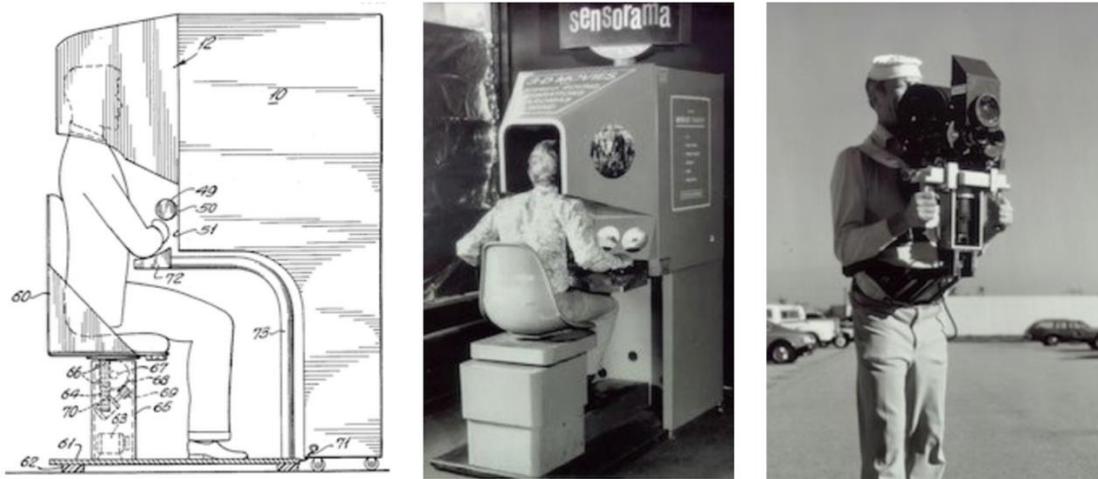
funcionamento. A imersão dos demais membros do corpo não foi tratado nesta pesquisa, assim sendo é uma oportunidade para trabalhos futuros.



Figura

2.3. Simulador de Voo. Fonte: VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017.

Em 1950, o cinematógrafo Morton Heilig desenvolveu o Sensorama, patenteado em 1962. Este dispositivo era uma cabine de teatro que simulava todos os sentidos (olfato, visão, tato e audição), incluindo até uma cadeira vibratória. É considerado até hoje a experiência mais imersiva já desenvolvida. Porém se limitava a um único filme e tinha séria limitação de reabastecimento para continuar oferecendo a mesma experiência a cada rolagem do filme (VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017). A **Figura 2.4.** mostra como era o Sensorama.



Figura

2.4. Sensorama e sua filmagem (1950). Fonte: VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017.

O início da RV como a conhecemos hoje teve início com a introdução do Head Mounted Display (HMD); este é o nome original dos óculos de RV, criado em 1960 por Morton Heilig. Essa primeira versão não possui monitoramento de movimento, ou seja, mover a cabeça não refletia em movimento da cena exibida, porém proporcionava, de uma forma confortável e portátil, a experiência proposta pelo projeto *Stereoscopic Photo* (VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017). Os AIRV têm como objetivo a replicação do mundo real no ambiente virtual. Nesse contexto, desenvolve-se um mundo completamente virtual, desde o chão até construções, personagens e aplicações físicas. Até este ponto, o AIRV imersivo e o não-imersivo são iguais (PADMANABAN et al., 2017).

O HMD, como conhecemos hoje, teve seu protótipo desenvolvido em 1961. A tecnologia usada na época empregava um monitoramento dos olhos por meio de magnetismo. Não havia ainda uma representação de um mundo virtual, com uma câmera virtual – este HMD era

conectado a uma câmera real que se movia de acordo com o movimento no HMD e seu objetivo era treinar militares do exército americano para situações de perigo (VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017). Este experimento e seu momento no tempo são muito interessantes pelo fato de que os mecanismos usados hoje (acelerômetro e giroscópio eletrônicos) foram desenvolvidos poucos anos após esses modelos, que propiciavam o mesmo resultado com o uso de outras técnicas menos portáteis e mais caras. O modelo conceitual do acelerômetro surgiu em 1915, tendo como inspiração a Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein, e sua primeira versão eletrônica só foi desenvolvida em 1973 (TAKEDA et al., 2009).

Apesar de toda esta evolução nos mecanismos/maquinários de RV, ainda não havia uma proposta de termo que fosse usada para denominar essa área do conhecimento. Em 1969, Myron Kruegere propôs o termo “Realidade Artificial”. Além do termo, este pesquisador também desenvolveu o primeiro AIRV interativo, ou seja, além de ver as cenas, era possível que o usuário interagisse com o sistema, obtendo respostas do mesmo a suas ações (VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017).

O termo “Realidade Artificial” não definia a abrangência do escopo de trabalho, apenas concedia um nome para esta linha de pesquisa. Em 1987, Jaron Lanier, fundador do “*Visual Programming Lab*” (VPL) investiu na popularização do nome “*Virtual Reality*”, bem como a delimitação de seu escopo. O VPL desenvolveu diversos *gadgets* (“equipamentos”) de realidade virtual com cunho eletrônico, pois neste período a indústria dos jogos começou a tomar forma. Entre os equipamentos desenvolvidos para popularizar o termo estava a “Dataglove” (uma luva de captura de movimentos das mãos) e o EyePhone (HMD utilizando o que é hoje conhecido como sensores de RV). A **Figura 2.5** demonstra os equipamentos desenvolvidos pela VPL (VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017).



h) **Figura**

2.5. Primeiros equipamentos interativos de RV (VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017).

No seguimento da evolução das pesquisas e da popularização dos equipamentos, ocorreu no começo da acessibilidade comercial dos produtos de RV. Nos anos 1991, 1992 e 1993 surgem novas empresas com novos dispositivos, sendo que, em 1993, aparece a primeira grande empresa de jogos interessada em investir em RV – a SEGA (VIRTUAL REALITY SOCIETY, 2017). Esse acontecimento foi importante, pois a facilidade de desenvolvimento, redução de custo e capacidade de aplicar novas tecnologias em novos contextos quando o passo anterior (a viabilidade econômica e teste com público final) é superado. O contexto padrão para jogos é o que inclui a diversão e o entretenimento; porém, têm surgido os “novos contextos”, como os contextos da saúde e da educação, entre outros, que são considerados “*Serious Games*”. Esse termo foi criado porque, por definição, quando não há finalidade padrão, um jogo sempre está associado ao entretenimento.

2.2.2 Tipos e Abordagens de RV

Como descrito na pesquisa correlata (SILVEIRA, 2020), a RV se subdivide em dois tipos: 1) imersiva, aquela na qual o usuário é totalmente imerso no mundo virtual, sem contato visual com o mundo físico/real e a 2) não imersiva, na qual o usuário interage com a RV sem perder a visualização do mundo real. Além destas, ainda há abordagens fora do cenário estritamente virtual como é o caso da Realidade Aumentada (RA), ou também conhecida como *Mixed Reality* (MR), que adiciona elementos virtuais à visualização do mundo real, e por fim, há a RV não interativa, também conhecida como vídeos 360 que são RV de vídeos de cenários reais ou virtuais nos quais o usuário, apesar de imerso, não é capaz de interagir com o meio e apenas é passivo da filmagem.

2.2.3 Perspectiva e modo de jogo

Apesar do conceito de imersão datar de 1838 (WADE, 2012), o mecanismo usado hoje é o mesmo desta data, porém aprimorado; ainda assim, os primeiros ambientes virtuais foram desenvolvidos de forma não imersiva. A observação e a exploração do cenário era feita principalmente em terceira pessoa, ou seja, uma visão de que o personagem é controlado e, não, de que o jogador é o próprio personagem (KONSÉN, 2015).

Somente em 1973 foi desenvolvido o primeiro jogo aplicando o conceito de perspectiva em primeira pessoa, o *Maze*, em um programa da NASA em um programa de estudo-trabalho. Este conceito foi aplicado com sucesso no primeiro AIRV somente em 1992, pelo sistema *Virtual Fixtures*, no laboratório *Armstrong* (KONSÉN, 2015).

2.3 SISTEMA DE CÂMERAS

Os sistemas de câmeras das plataformas de desenvolvimento de jogos (*engines*) funcionam como um filme e as *engines* são análogas “set de filmagem”. Dada esta comparação, ao assistir um filme é como se você estivesse presente no filme e na narrativa, vendo com os olhos de alguém (a câmera). Assim sendo, o que é visível para o jogador é a direção para a qual a câmera aponta. Além da direção, é possível alterar a profundidade (zoom/foco/desfoco) e a amplitude da visualização (visão periférica). Como é possível ver, todos os conceitos de manipulação e funcionamento das câmeras das *engines* se baseiam em princípios cinematográficos.

As câmeras podem estar disponíveis em três modalidades: primeira pessoa; terceira pessoa e câmera posicional. A primeira pessoa é a câmera na qual o jogador se vê através dos olhos do personagem. A movimentação da câmera simula o movimento da cabeça e do corpo do personagem, tornando-o assim a primeira pessoa da narrativa. A terceira pessoa é a perspectiva na qual a câmera se encontra a certa distância do personagem que participa da narrativa e, assim sendo, o jogador tem a visão como a de alguém que controla outro alguém e, não, que é o próprio personagem. A última opção de câmera, a posicional, é a mais comumente utilizada em RV, apesar de ser amplamente controversa quanto à sua usabilidade para exploração do cenário. A câmera posicional é um conjunto de câmeras paradas (posicionadas) no espaço virtual e a locomoção dentro do espaço virtual se dá por meio de “teletransporte”/transição entre câmeras em vez de navegação pelos vetores 3D do cenário.

2.3.1 O impacto do sistema de câmeras no autismo

O sistema de câmeras não é o único responsável pelo processo, porém é um dos principais componentes para a adaptação do AIRV às necessidades do TPS dos TEA. Isso porque a velocidade de movimento e/ou do jogo passam pelo tratamento da velocidade da câmera. Pessoas com TEA precisam que o jogo seja levemente desacelerado, pois possuem um *delay* (“atraso”) na resposta para os estímulos recebidos (MORRISON et al., 2018; SILVEIRA, SILVEIRA & BRASIL, 2018). Além da adaptação da TPS, o acesso aos dados do sensor de movimento cervical é imprescindível para o monitoramento do comportamento autista no ambiente imersivo, inclusive sendo este um dos motivos pela escolha da *Unity Engine* em vez da *Unreal Engine* e/ou outras *engines* (SILVEIRA et al., 2019a).

2.4 ILUMINAÇÃO

O sistema de iluminação é o conjunto de ferramentas responsáveis por criar e aplicar as implicações físicas da iluminação. Por exemplo, ao se adicionar a luz do sol e rotacionar o sol, indicando que o mesmo está iluminando outra área que não a atual, indica-se noite, e o componente que emitiria a luz intensa do sol emitirá a luz leve da lua.

Pessoas com TEA são muito concretas; assim sendo, é necessário se ater aos detalhes para que o mundo virtual represente fielmente o mundo real, para que este não gere desconforto ou

não se desorganize (desestabilize) o TEA. Um objeto gráfico de uma lâmpada, que deveria emitir uma luz em área circular, caso emita uma luz cônica como a de um poste de rua, pode gerar confusão na pessoa com TEA (SILVEIRA, SILVEIRA & BRASIL, 2018).



i) **Figura**

2.6. Exemplo de "iluminação com bug".

A **Figura 2.6** apresenta uma situação potencialmente desestabilizadora para TEA: há uma sombra do ventilador projetada no chão, porém este ventilador está preso ao teto; logo, o sol não entra e, portanto, não há luz sobre o ventilador para gerar a sombra. Mesmo que o TEA não construa esse raciocínio lógico, apesar da maioria ser capaz de fazê-lo, intuitivamente,

muitas pessoas perceberão que a sombra não faz sentido e apresentarão estranhamento com a cena.

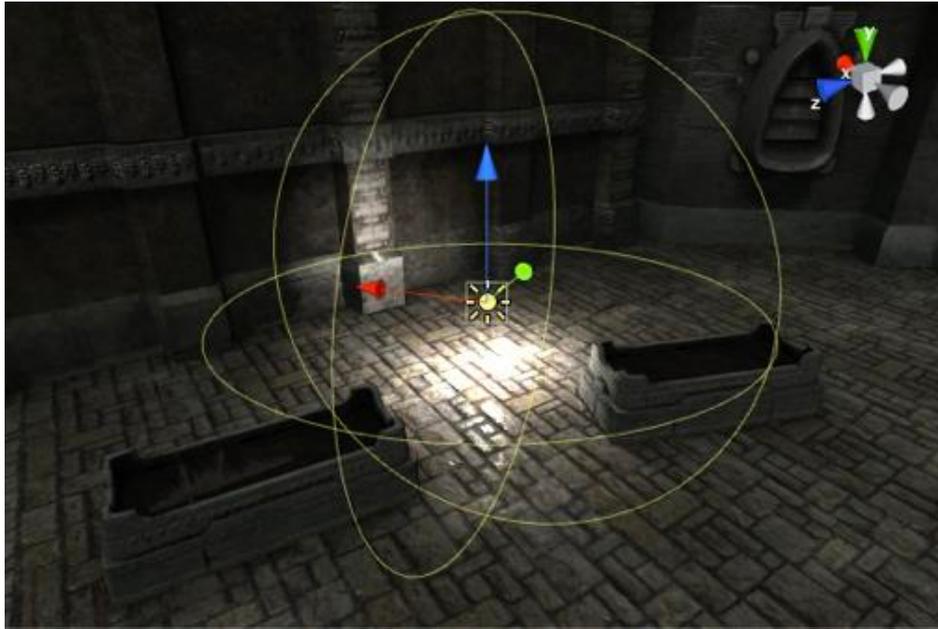
2.4.1 O impacto da iluminação em pessoas com autismo

Um ponto que requer bastante atenção é a configuração da iluminação. Isso porque todas as opções de iluminação possuem atributos que podem ser personalizados, tais como: intensidade luminosa (grau de claridade), cor da luz, resistência à dissipação (área iluminada até perder a aplicação física da iluminação) etc. Estas configurações ajustadas é que geram a sensação de equilíbrio visual.

Outras questões que podem afetar pessoas com autismo, no que tange à iluminação, são questões relacionadas a intensidade luminosa, sendo que tanto a maior intensidade quanto a menor intensidade podem causar esse efeito, a depender do perfil sensorial visual da pessoa com TEA. Isso é também verdade em relação a questões que gerem desconforto visual como iluminações com *bugs*. Os *bugs* de iluminação decorrem principalmente do uso incorreto de um tipo de luz em um dado *mesh*, ou seja, o efeito luminoso não condiz com o objeto gráfico visto pela pessoa.

2.4.2 Point Light (Lâmpada)

A *Point Light* é uma fonte de emissão de luz que espalha sua luz com grande intensidade em seu centro e a dissipa à medida que se afasta do centro, e essa luz ilumina a cena em todas as direções, em um formato circular. Esta luz é ideal para ser a emissão luminosa de lâmpadas.



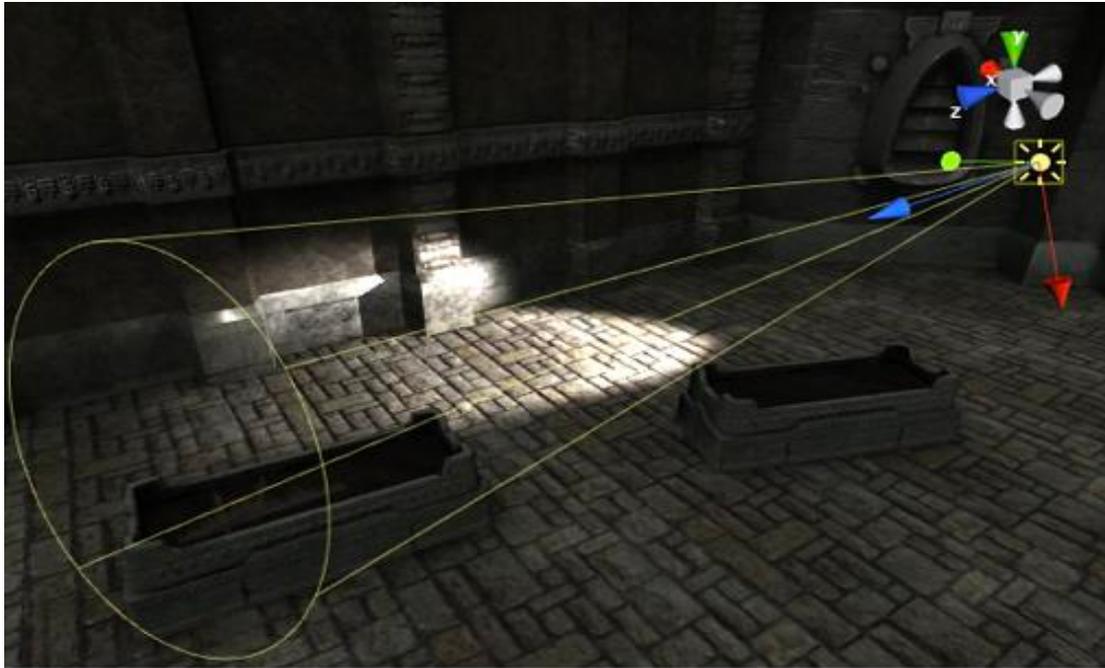
j) **Figura**

2.7. *Point Light*. Fonte: UNITY, 2019.

Para autistas com hipersensibilidade à luz, esta iluminação é a ideal, isto porque mesmo que ele olhe diretamente para o ponto de emissão da luz, ela não estará tão intensa e iluminará um raio maior do AIRV. Para aqueles que apresentarem hiporresponsividade, essa luz pode não ser adequada caso a intenção seja chamar o foco para onde a luz está, pois não será perceptível para ele, a menos que haja um contraste muito grande em relação ao resto do ambiente (SILVEIRA, SILVEIRA & BRASIL, 2018). A **Figura 2.7** apresenta um exemplo do comportamento da point light.

2.4.3 *Spot Light* (iluminação em forma de cone)

A *Spot Light* é uma iluminação projetada em vez de apenas emissiva. Este tipo de iluminação é muito presente em objetos que visam iluminar com muita intensidade algo à frente, tal como: farol de carro, poste de iluminação, refletor de estádio de futebol ou de show etc. A **Figura 2.8** apresenta o comportamento da *Spot Light* (UNITY, 2019).



Figura

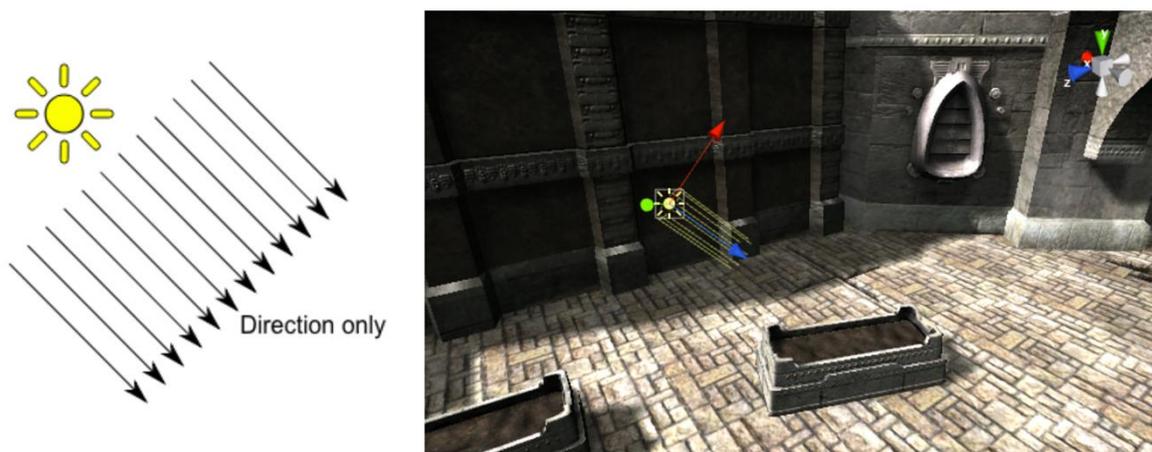
2.8. *Spot Light*. Fonte: UNITY, 2019.

Um comportamento interessante de ser ressaltado sobre a *Spot Light* é que esta é a única, além da *Directional Light*, que pode ter seu comportamento visual significativamente alterado quando rotacionada em seu eixo Z, ou seja, virada de cabeça para baixo, por exemplo. Esse

efeito gera uma maior intensidade luminosa para o seu ponto, que está para cima, em relação ao objeto gráfico dela, podendo estar apontando para baixo em relação ao ambiente.

2.4.4 *Directional Light* (Luz do Sol)

A luz direcional é basicamente a luz do sol. Recebe o nome “direcional”, pois a hora do dia no cenário é definida pela rotação dessa luz. Caso ela esteja apontando para o chão, será dia, caso ela esteja apontando para o céu (de costas para o cenário), será noite. A **Figura 2.9** apresenta um exemplo do efeito luminoso da luz direcional (UNITY, 2019).



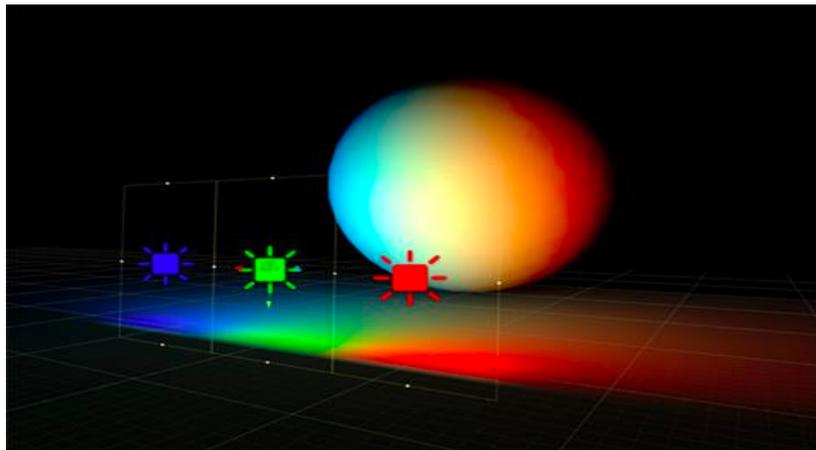
Figura

2.9. Luz direcional. Fonte: UNITY, 2019.

No contexto do AutismyVR as rotações aplicadas à luz direcional foram para o meio-dia (pleno dia) e fim da tarde (início da penumbra, pré noite). Isso se deu pelo fato de que são os horários adequados a intervenção terapêutica no horário do adolescente e o fim de seu dia fora de casa.

2.4.5 Area Light (lâmpadas e limites de área)

A luz com área delimitada é o tipo de iluminação menos recomendável, podendo ser, até mesmo, completamente abominável para pessoas com TEA. Isso porque esta iluminação cria uma delimitação de atuação sem que a limitação seja feita por um objeto físico que impede a propagação da luz, ou seja, é um componente que não condiz com as leis da física. Esse componente existe pelo fato de que esse tipo de iluminação é muito útil na criação de efeitos visuais de jogos para pessoas neurotípicas e que tenham caráter de entretenimento e, não, *Serious Games*. Este é o único elemento que foi encontrado que “fere” as leis das físicas (UNITY, 2019).



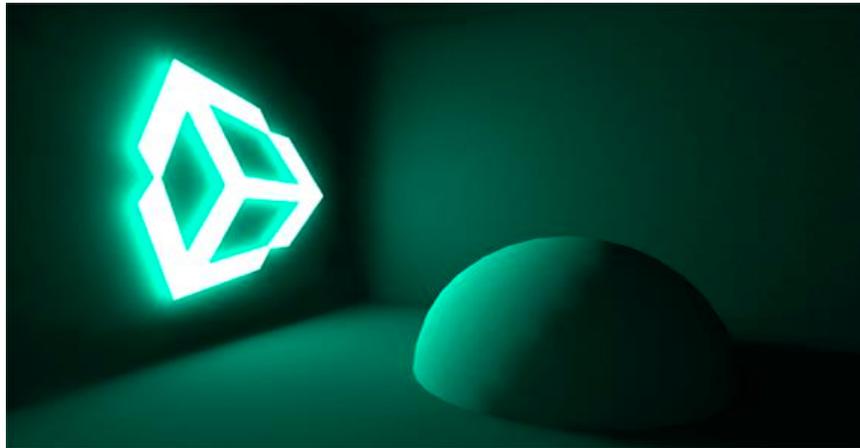
k) **Figura**

2.10. Exemplo de iluminação com área delimitada. Fonte: UNITY, 2019.

A **Figura 2.10.** demonstra o efeito da iluminação em área, a qual emite a luz com delimitações, nesta figura a luz está indo da marcação para frente e com a largura e altura definida.

2.4.6 Emissive Material (Material Florescente)

Outro exemplo de tipo de iluminação não recomendável para *Serious Games*, principalmente para TEA, e que em geral é usado para criação de efeitos visuais é o material emissivo de luz. Ao contrário da luz em área delimitada, esse conceito não é contrário às leis da física, pois existem materiais fluorescentes; porém, esse efeito especial pode gerar confusão e desconforto para a pessoa com TEA. A **Figura 2.11** demonstra um objeto com o formato da logo da *Unity* em material emissivo (UNITY, 2019).



Figura

2.11. Material Emissivo de iluminação. Fonte: UNITY, 2019.

A **Figura 2.11.** demonstra o efeito da iluminação emissiva, na qual o *mesh* emite a luz a partir de sua área modelada. Esse tipo de iluminação possui grande intensidade no *mesh*, porém se dissipa rápido gerando pouca iluminação no ambiente.

2.4.7 Estudo de materiais para o fotorrealismo

Para que se possa obter o efeito do fotorrealismo é necessário estudar as texturas e como estas se comportam quando se estão associadas à representação de um material. As texturas são

imagens com padrões repetidos e os materiais são as aplicações dessas texturas, acrescidas do comportamento dessa junção.



1) **Figura**

2.12. Exemplo de cenário em fotorrealismo. Fonte: UNITY, 2019.

A **Figura 2.12.** demonstra um cenário em fotorrealismo. É possível perceber que há um *pixel bleeding* (sangramento de pixel) na parede da escada em vermelho. Isso se dá principalmente porque a qualidade da textura da parede, que tinha o objetivo de ser uma pintura em alto relevo, não possuía resolução adequada (UNITY, 2019).

2.4.7.1 Importância do estudo de materiais e texturas para TEA

No mundo real, a textura contempla a sensação tátil e a sensação visual expressada por esta, ou seja, ao ver uma dada textura, a pessoa já possui uma certa sensação, em sua memória integrativa, de qual deve ser a sensação de tocá-la. No AIRV a textura tem o objetivo de gerar o realismo tátil por meio da visão, uma vez que, em geral, os mecanismos de imersão não contemplam retorno de expressão tátil.



Figura

2.13. Exemplos de texturas de sofá.

No universo virtual, a textura se resume ao desenho ou estampa da superfície de algum *mesh*. A **Figura 2.13** apresenta exemplos de textura; porém, estas são inadequadas para uso no desenvolvimento de AIRV; isso ocorre porque a textura precisa ser o mais fosca possível, pois a *engine* aplicará conceitos físicos para chegar no material que será derivado da textura; caso

contrário, não será possível aplicar a física da iluminação sobre o objeto. A textura tem um papel fundamental na adaptação de AIRV para autistas, uma vez que a textura visual ajuda o cérebro a processar como deve ser aquela textura no âmbito tátil, trazendo maior senso de realidade e mais conforto visual para pessoas com TEA.



m) **Figura**

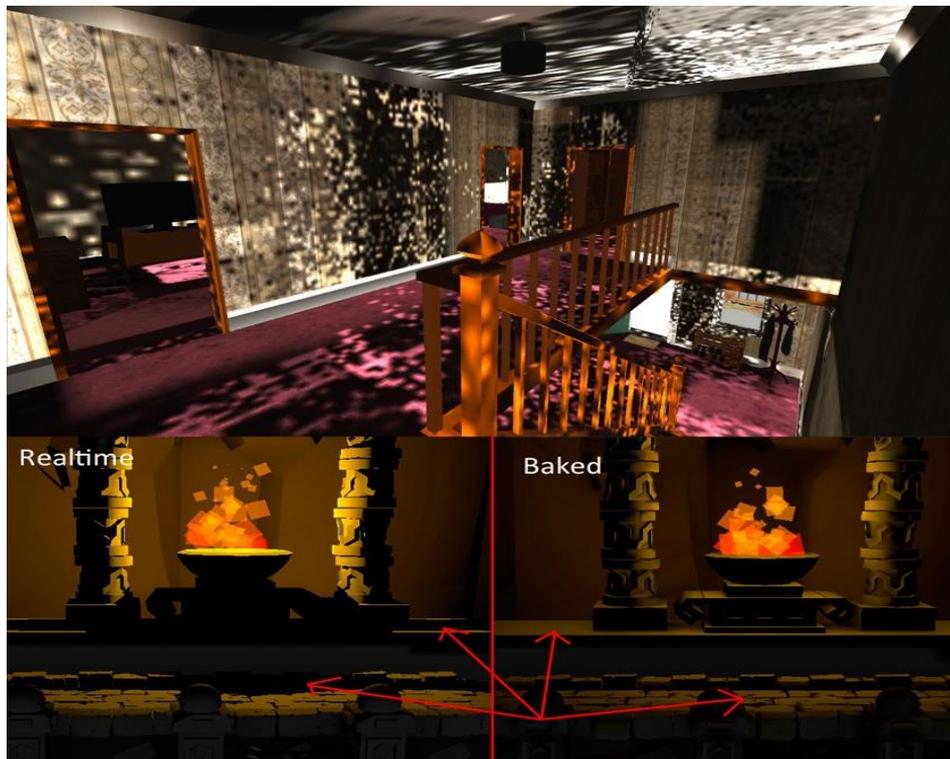
2.14. Estudo de Material. Fonte: UNITY, 2019.

Tanto o *pixel bleeding* como o não tratamento correto do material e da textura da qual este irá derivar, podem ser fatores estressores e desorganizadores/desestabilizadores para os TEA, ao se deparar com um sofá que se apresenta de forma que não faça sentido, como, por exemplo, um tecido com aparência metálica. Na **Figura 2.14**, o estudo de material, bem como os atributos para criar um material, tais como: textura, albedo, grau de efeito metálico, oclusão, emissão (no caso de material emissivo) e etc (UNITY, 2019).

2.4.8 *Baked Light* e Otimização Computacional

Na *Unity* e na maioria das *engines* modernas a iluminação é uma aplicação de um pós-processamento sobre os objetos 3D do cenário. Assim sendo, essa iluminação pode ser calculada em tempo real ou pré-processada e salva (UNITY, 2019).

A iluminação calculada em tempo real evita bug de iluminação, por exemplo, ao colocar um objeto, e depois removê-lo, e não gerar o novo cálculo de iluminação, pode haver objetos fantasmas (sombras sem objetos). Porém essa técnica não é performática, requisitando muito consumo computacional para recalcular a iluminação a cada movimento da câmera.



n) **Figura**

2.15. Iluminação calculada em tempo real vs. Iluminação *Baked*.

Na técnica de *Baked Light* toda a iluminação do cenário é recalculada no momento de desenvolvimento e gera um arquivo com o resultado destes cálculos. Em momento de execução (quando a aplicação está em uso) não há mais este recálculo (UNITY, 2019). A **Figura 2.15** apresenta o processo de cálculo da iluminação, bem como um exemplo de resultado.

2.5 MODELAGEM

Os objetos presentes no AIRV são chamados de *Assets*; estes são quaisquer itens a ser inseridos no AIRV, tais como: imagens (texturas ou interface gráfica); objetos 3D (*meshes*); áudios; *scripts* (código-fonte) etc. Para construir os objetos 3D (personagens e avatares, cenário, objetos da cena) é necessário modelar o *mesh* que define o formato destes elementos 3D (UNITY, 2019).

Apesar do fator mais impactante no fotorrealismo ser a questão dos efeitos visuais (estudo de texturas, materiais e iluminação), não há em que aplicar estes conceitos sem que haja um objeto 3D para tal. Os objetos modelados para autistas precisam ter proporções mais próximas do real possível, pois um erro de proporção e criação de objetos, principalmente personagens, que acabem por parecerem intimidadores para o TEA, podendo desestabilizá-lo (SILVEIRA et al., 2019).



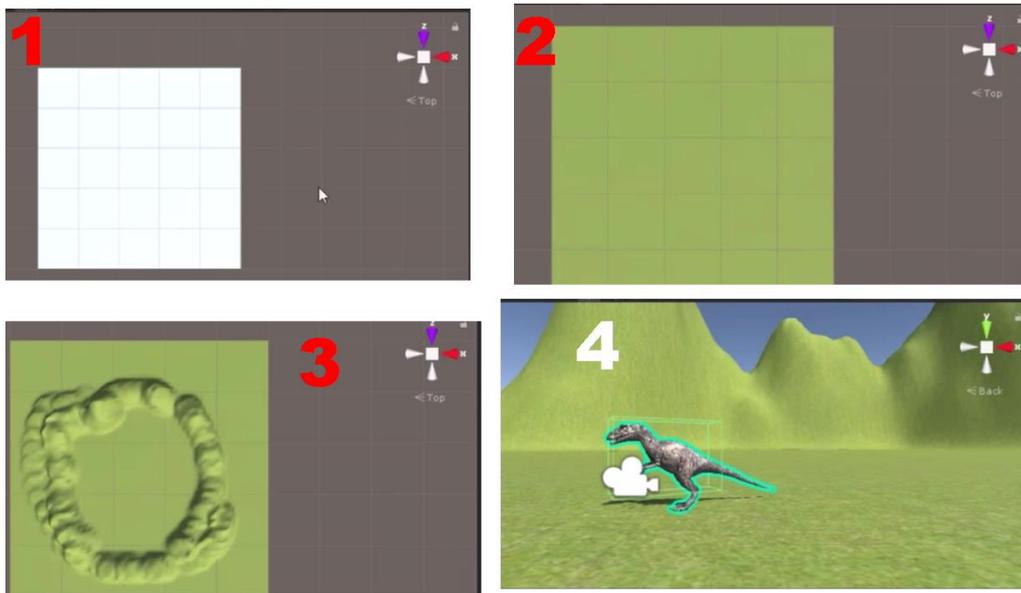
o) **Figura**

2.16. Modelo sem texturas, somente *mesh* de um cenário. Fonte: UNITY, 2019.

Para que seja feita a modelagem, podem-se aplicar duas técnicas, ambas advindas de trabalhos manuais do mundo real, tais como da carpintaria e da escultura. A primeira técnica é a de esculpir a partir de uma forma inicial, tal como um cubo e ao ir removendo vértices, arredondando arestas e criando buracos no mesmo, tornando possível a modelagem desde uma casa até um rosto de uma pessoa. A segunda forma é como funciona a criação de objetos de barro, adicionando mais barro a presente peça para criar novas formas, ou seja, a partir de uma forma inicial, adicionam-se novas formas e novos vértices para criar novos objetos 3D. A **Figura 2.16.** apresenta um cenário como é quando se encerra a etapa de modelagem, e ainda não se iniciou a etapa de texturização e aplicação de materiais.

2.5.1 Modelagem de Cenário

O cenário inicia-se a partir da modelagem do terreno (relevo, textura e variação do chão e etc.), objetos que façam parte da vegetação (árvore, flores, pedras e etc.) do cenário também são considerados como parte da modelagem do terreno. Em geral, o cenário se inicia a partir de um plano (um retângulo 3D de espessura fina), e utilizando-se de ferramentas de modelagem de terreno, adiciona-se relevo (elevação por distorção do plano) ou precipícios (aumenta-se o volume do terreno e depois remove-se parte do volume para criar o “buraco”). A **Figura 2.17.** apresenta um exemplo de etapas de modelagem de um cenário.



p) **Figura**

2.17. Modelagem de cenário e de relevo.

Após a modelagem do terreno, a modelagem de cenário se direciona ao que há de mais relevante para o autista em sua primeira interação com o AIRV, que é o desenho/disposição de objetos 3D sobre o terreno modelado. No âmbito dessa pesquisa, foi desenhado uma vizinhança pequena com 4 casas e 3 pontos “comerciais” (consultório, escola e restaurante) que são os 3 ambientes propostos pela pesquisa, que aplicará a intervenção junto aos autistas. O desenho da disposição dos objetos inicia-se em um desenho 2D em perspectiva, como uma planta baixa do cenário a ser feito em 3D. Nesse desenho, deve contemplar desde objetos aplicados ao terreno como pista, calçada e postes até objetos dos ambientes como sofá, TV, mesa e cadeira.

Para atender às demandas do autista, o principal ponto neste momento de desenvolvimento é a questão da proporção dos objetos, bem como a distância entre os objetos; isto porque

existem autistas que se sentem melhor com um número menor de itens à sua volta (ambientes mais “*clean*”) enquanto outros se sentem melhor quando têm diversos objetos ao seu redor.

2.5.2 Modelagem de Personagem e a autopercepção

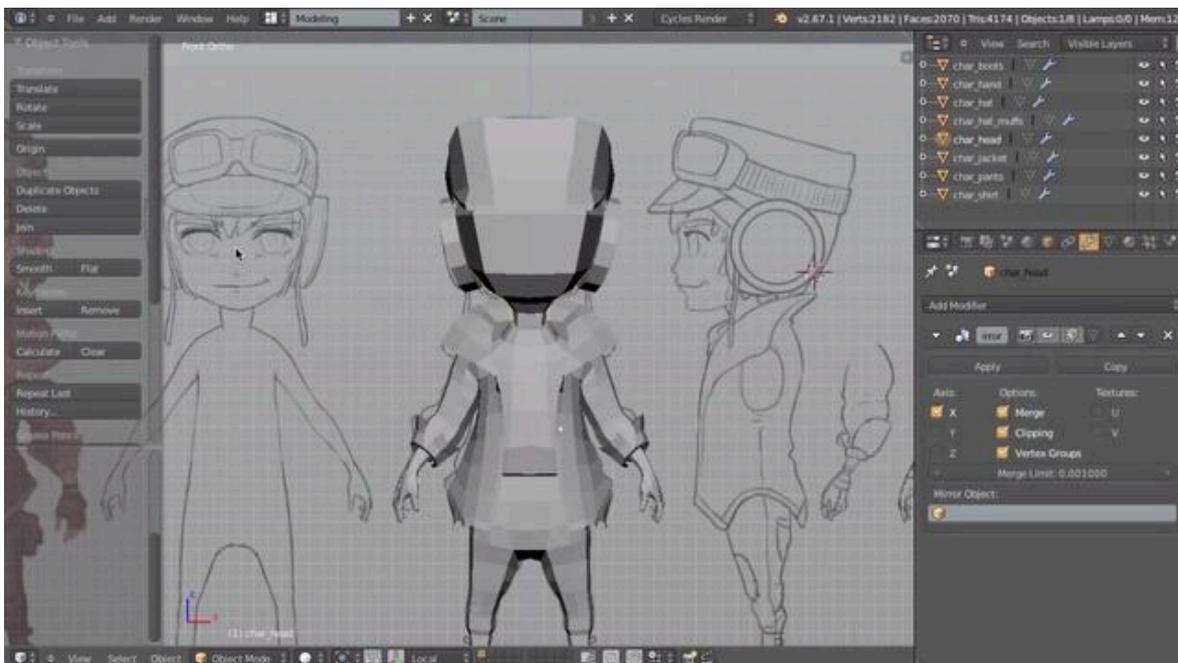
Apesar da modelagem de personagem seguir as mesmas técnicas da modelagem de objetos de cenário e da modelagem de terreno, vale ressaltar que um dos pontos que merecem grande atenção nesta modelagem é a estrutura óssea que permitirá a adição de animações. Esse fato é intensificado considerando ambientes imersivos e as demandas do TPS dos TEA (SILVEIRA, L. I. B. S. *et al.*, 2019). Isto porque, para a modelagem do personagem/avatar do usuário imerso é necessário que este tenha duas versões, sendo uma com cabeça e que será visível pelos outros jogadores e uma sem a cabeça para que a câmera possa ficar no lugar da cabeça e o usuário possa ver seu próprio corpo. É possível utilizar o avatar com cabeça e posicionar a câmera pouco à frente do rosto para que essa não tenha colisão com o *mesh* do corpo; porém, esse leve afastamento do corpo passa a sensação de olhos “flutuando fora do corpo”, o que pode ser bem desconfortável para autistas. Essa técnica contribui para que o indivíduo alcance a autopercepção da integração de seus sentidos sensoriais. A **Figura 2.18**. demonstra um exemplo de avatar com imersão da câmera no local da cabeça dele.



q) **Figura**

2.18. Exemplo de corpo em RV integrado aos sensores de RV. Fonte: *Unity Asset Store*.

A **Figura 2.18.** além de apresentar a percepção de corpo, ilustra a técnica de monitoramento do movimento cervical com o intuito de mapear o comportamento da pessoa imersa e, assim, detectar, por meio do uso de Inteligência Artificial, padrões comportamentais que indiquem desconforto e/ou melhor adaptação ao AIRV. Neste sentido foram utilizados métodos com Aprendizado de Máquina (AM) com Redes Neurais Artificiais (RNA) do tipo *Multiple Layer Perceptron* (MLP) vs. Algoritmos Genéticos (AG). Percebeu-se que o AG, além de mais leve do que as técnicas de AM como a MLP, também conseguiam fazer a transição entre os níveis de intensidade de iluminação e padrões de cores de forma mais suave, enquanto a RNA fazia “picos” causando possíveis desconfortos visuais.



r) **Figura**

2.19. modelagem de personagem (fonte: *Blender Community*).

A técnica mais utilizada para a modelagem de personagens é a sobreposição. Nesta técnica é feito um desenho 2D das perspectivas do objeto e, depois, este desenho é preenchido em ferramentas de modelagem, como mostra a **Figura 2.19**. Essa técnica também pode ser usada para a construção de ambientes dentro do cenário, tal como uma casa. Para a construção da casa utiliza-se a planta baixa em desenho 2D e, depois, preenche-se as linhas da casa com *mesh*, e faz-se o *extrude*, levantando as paredes (UNITY, 2019).

2.6 FÍSICA

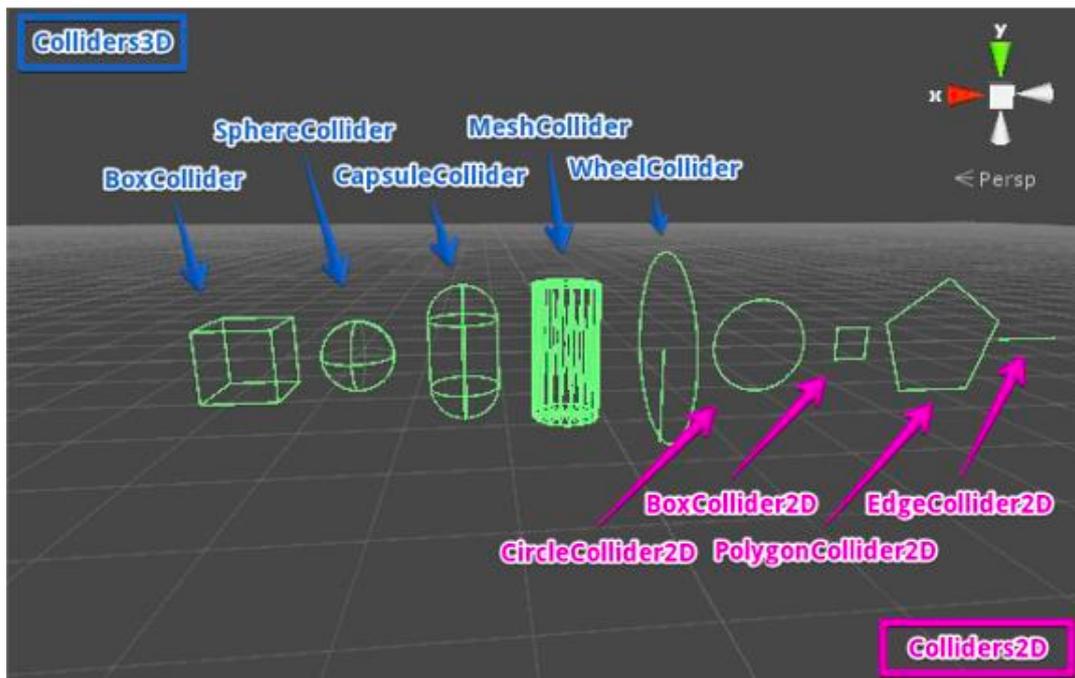
As aplicações físicas foram o que motivaram a criação de “*engines*” (motores de renderização) focados em otimizar a linha de trabalho dos desenvolvedores. Isso porque as aplicações físicas e as animações são os recursos que mais consomem processamento, podendo deixar a aplicação lenta e/ou até mesmo travar (UNITY, 2019).

Apesar da otimização do uso dos recursos ser importante, o principal papel das *engines*, hoje, é prover um ambiente de desenvolvimento que abstraia a maioria das responsabilidades que se tem para refletir no mundo virtual os acontecimentos físicos do mundo físico. Um ótimo exemplo disso é a aplicação física do comportamento de fluídos, o qual só foi possível após décadas de animações cinematográficas e de jogos sem esses recursos. Neste contexto, as *engines* se “responsabilizam” pela “repercussão” de uma aplicação física, ou seja, quando um evento físico é aplicado sobre um dado *mesh* (corpo), todos os corpos e elementos devem receber a propagação deste evento físico e apresentar respostas contrárias e de resistência ao fato (UNITY, 2019).

No AIRV, mesmo para pessoas neurotípicas, os principais desafios são relacionados à física, bem como ao funcionamento do corpo humano. Isto porque o AIRV imersivo visa refletir o mundo real e nos desconectar do mundo real, e nosso corpo é capaz de perceber e reagir às “anomalias”, mesmo sem saber conscientemente o porquê. A principal ocorrência de problemas relacionados a esse desafio estão nas tonturas e ânsias de vômito entre outros sintomas comuns de se sentir ao passar um tempo considerável imerso (WU & ROSENBERG, 2019).

2.6.1 Colisões

As colisões, além de representações físicas, são um mecanismo de interação em jogos digitais. Para que seja possível interagir com uma cadeira para se sentar nela é necessária uma colisão para que habilite o botão/ação de sentar-se, por exemplo (UNITY, 2019).



Figura

2.20. Tipos de colisores disponíveis na Unity (UNITY, 2019)

Um ponto importante e que pode ser um problema para autistas, mas que deve ser mensurado para verificar a real necessidade é a questão formato do colisor. O colisor é um mecanismo que cria uma área de colisão sobre algum *mesh*. Em geral, utiliza-se o colisor de formato cúbico com pouco espaço para dentro do *mesh*. Isso se dá porque o *mesh collider*, que é o colisor que se adapta exatamente ao formato do *mesh* é computacionalmente bastante caro, deixando o AIRV potencialmente mais lento e podendo travar completamente o jogo. Essa preocupação se faz pertinente ao fato de que o autista ao se aproximar de uma cadeira ou de uma mesa de centro, dependendo do tipo de colisor e da atenção dele aos detalhes, ele pode perceber que sobe na mesa mesmo sem querer ou que há uma “falha” na cadeira por ter “ponto fantasma”, pois há o colisor, porém não há o *mesh* (SILVEIRA et. al., 2018). A **Figura 2.20.** apresenta os tipos de colisores disponíveis na *Unity*.

2.6.2 Massa e gravidade

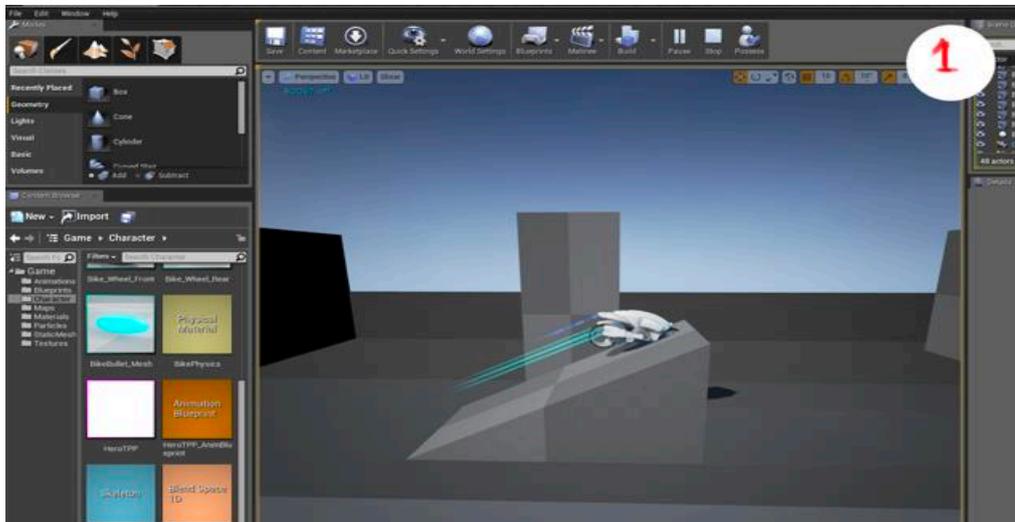
Os AIRV, bem como os jogos em geral, utilizam-se das leis da física para refletir o que acontece no mundo físico no mundo virtual. Entre essas leis estão a lei da gravidade, as leis que regem o atrito e a mecânica de fluídos. Em jogos, é comum que algumas leis sejam “quebradas” para que haja enriquecimento do caráter de entretenimento por meio do contato com o impossível; porém em AIRV essas leis são seguidas de forma estrita (UNITY, 2019).

No desenvolvimento de AIRV, caso não haja elevação/altitude e os colisores sejam somente interativos e não para delimitar lugar, não é necessário aplicar a gravidade. Porém, na maioria das *engines* modernas, é mais difícil anular a gravidade do que a aceitar, além do que esta ação de anular a gravidade pode ocasionar diversos *bugs*.

Em geral, a gravidade é definida como um valor fixo para toda a cena, ou seja, se um jogo ou AIRV tiver mais de uma cena é possível, por padrão, ter gravidades diferentes para cada uma, porém, em uma mesma cena este valor é global, e, ao alterar este valor, ele será alterado para todos os objetos da cena.

A **Figura 2.21.** apresenta um possível *bug* por erro de delimitação da colisão no *mesh* de uma pista. Nesta figura é possível perceber que o colisor acaba quando a roda da frente cai e a detrás ainda apresentava aplicação da força normal (quando um corpo está preso ao chão pela

gravidade e a superfície de contato exerce força contrária a este). Também é possível verificar erro quanto à definição da massa do objeto e/ou da aceleração do movimento, isto porque, caso tivesse massa significativa e velocidade significativa, o corpo deveria ser projetado para frente e dar continuidade ao movimento, em vez de cair. A título de exemplo, este efeito é o que acontece em rampas de *skate*, *motocross* entre outros esportes que envolvam velocidade e inclinações para projeção.



Figura

2.21. Colisor que encerrou antes do fim do *mesh*. Fonte: tutorial *Unreal*.

Para a correta aplicação da gravidade em AIRV no qual haja interação entre objetos é necessário um trabalho minucioso de ponderação da massa dos objetos, replicando ao máximo o que ocorre no mundo real. Isso porque, caso o jogador venha a colidir com um carro, se a massa do carro não for significativa, de forma que possa exercer força contrária suficiente para que sua velocidade seja minimamente alterada pelo jogador, o carro pode ser empurrado pelo jogador, gerando a representação de uma impossibilidade física. Em situações como essa, caso

o jogador esteja correndo, ao colidir com o carro, esse efeito pode ser ainda mais extravagante, podendo ocorrer que o jogador arremesse o carro. Estes *bugs* físicos podem gerar desconforto, haja vista que são bastante literais e concretos.

2.7 INTERAÇÕES

Interações são meios e métodos que o usuário/jogador possui de ordenar uma ação no sistema. O usuário/jogador do escopo deste trabalho pode ser tanto o especialista em saúde mental quanto o adolescente autista, pois, em geral, ambos estarão imersos no sistema/AIRV (SILVEIRA, L. I. B. S. et al., 2019).

A qualidade da interação é o principal indicador de qualidade da experiência do usuário; essa situação é descrita na expressão *User eXperience* (UX), da língua inglesa. Assim, a qualidade da interação é o principal ponto de atenção para o engajamento e a manutenção do interesse do adolescente com TEA na terapêutica tecnológica aqui proposta.

2.7.1 Mecanismos de interação em Realidade Virtual

No contexto de AIRV o principal meio/método de interação são os sensores de RV, relatado no item 2.1.1. Além destes sensores existem outras formas de interagir utilizando mecanismos periféricos tais como joysticks, teclados, mouses, luvas e até mesmo plataformas (HUMMEL et al., 2012). A **Figura 2.22.** apresenta exemplos de joysticks mais usados.



s) **Figura**

2.22. Exemplos de Joysticks usados para interagir com o AIRV.

Além da capacidade de interação homem-máquina, os joysticks, no âmbito da realidade virtual imersiva, têm como objetivo prover o máximo de realismo à pessoa imersa. Em geral, os joysticks tradicionais de vídeo games são os menos indicados quando o objetivo é o realismo na interação.



t) **Figura**

2.23. *OmniDirectional Cyberith* + Oculus Rift + Wii Mote. Fonte: Cyberith, 2014.

A **Figura 2.23.** apresenta novas propostas de meios/métodos de interação com o AIRV conhecidos como “*OmniDirectional Platforms*” em consenso dos fabricantes.

2.7.2 Mecanismos de interação em jogos (*joysctick*)

Os joysticks tradicionais de videogames foram selecionados para este projeto por diversas questões, como, por exemplo, a de não existir a necessidade de espaço físico adicional, a facilidade de implementação dentro do tempo do mestrado e o fato de que as crianças e adolescentes já têm experiência com videogames, criando, assim, o que é conhecido como “*User Memory Design*” no âmbito dos estudos de experiência de usuário. Porém, a tecnologia *OmniDirectional Cyberith Virtualizer* é capaz de gerar mais segurança para as pessoas com autismo, além de aumentar a sensação de imersão.

Apesar dos *joysticks* tradicionais não gerarem a melhor experiência de imersão e não propiciarem o melhor nível de realismo disponível no mercado, a sua escolha apresenta a vantagem de ser o mecanismo mais intuitivo, facilitando a sua aceitação por parte de pessoas com TEA.

2.8 ANIMAÇÕES

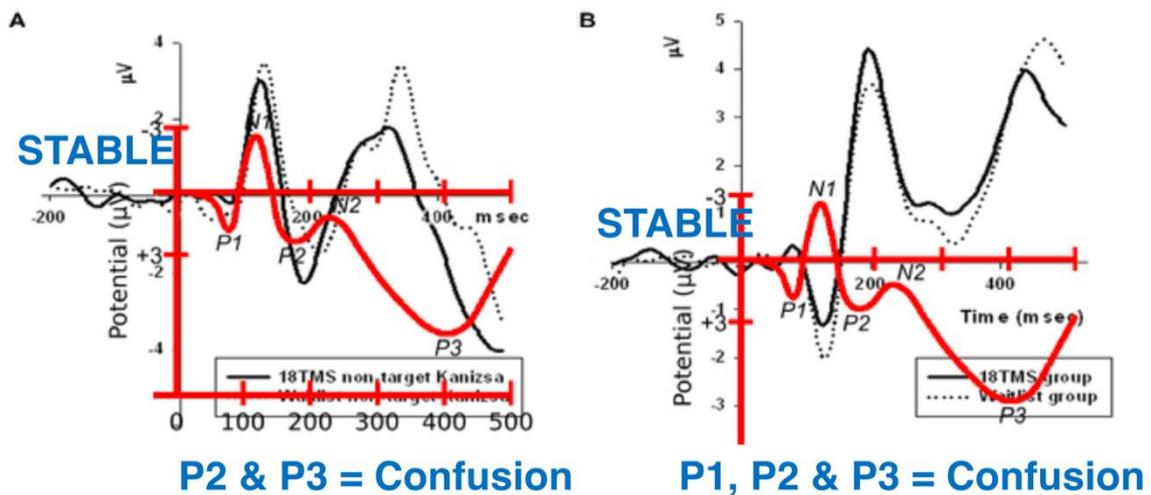
Para que seja exibido um filme, é utilizada a técnica de passagem de determinada quantidade de quadros (“fotos”) em um tempo específico. Essa técnica possui a sua própria definição de unidade de medida, contando a quantidade de quadros por segundo, do inglês *Frames per Second* (FPS) (SILVEIRA, SILVEIRA & BRASIL, 2018).

O FPS não é mais mensurado para os filmes digitais, pois todos os dispositivos aptos a executá-los realizam a execução com a mesma frequência em que foram filmados e, assim, todos irão reproduzir no mesmo FPS, a menos que o vídeo seja acelerado ou desacelerado. Para jogos e AIRV isso é bem diferente, pois a definição do próximo quadro é tomada levando-se em conta a dinâmica, dependendo de diversas variáveis como: física aplicada, se o usuário efetuou alguma interação que requer um novo cálculo para gerar o resultado requisitado, entre outras variáveis, ao contrário de filmes, que uma taxa estática de FPS. Objetivando descobrir o próximo *frame*, há um esforço computacional para se calcular o próximo *frame*; assim sendo,

computadores com maior poder de processamento conseguirão encontrar esse próximo *frame* mais rápido e, assim sendo, conseguirá entregar maior taxa de FPS, tornando a interação mais fluída (SILVEIRA, SILVEIRA & BRASIL, 2018).

Para pessoas com autismo, é necessário desacelerar o jogo; essa ação é pode ser realizada pelo aumento ou diminuição da taxa da FGS, sendo que, aumentando-se a taxa de FPS, o jogo ocorrerá mais rápido, e, diminuindo-a, haverá movimentos mais espaçados devido ao menor número de trocas, o que pode, eventualmente, acarretar movimentos menos suaves e mais robotizados. Porém, em caso de desaceleração, espera-se que uma intensidade mais leve de diminuição da velocidade seja o padrão mais confortável para a atividade cerebral das pessoas com TEA (SILVEIRA, L. I. B. S. et al., 2019).

Expected (typical) vs Results (autistic)



(Sokhadze *et al.*, 2018)

u) **Figura**

2.24. Comparação da atividade cerebral. Fonte: Sokhdze et al., 2018 (com adaptação).

Pessoas com autismo possuem uma atividade cerebral diferente de pessoas típicas quando recebem estímulos visuais, como apresentado na **Figura 2.24**. Essa figura apresenta: 1) o comportamento de pessoas neurotípicas em cor vermelha; 2) em preto o comportamento atípico de pessoas com TEA.

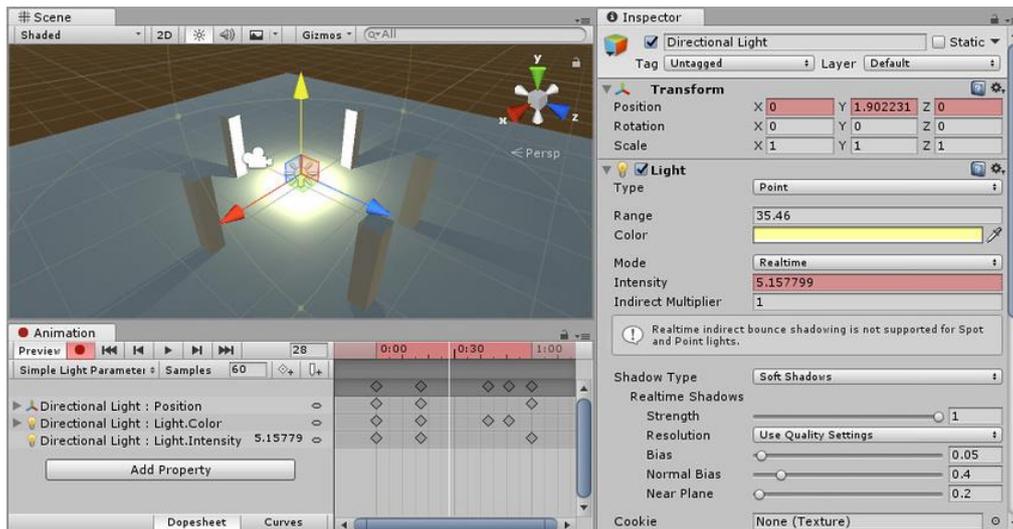
O que foi descoberto por esse trabalho de Sokhadze é que quando há um estímulo inesperado para pessoas típicas há um vale (queda brusca) da atividade cerebral (relaxamento) e depois um pico (subida brusca) da atividade cerebral (susto) e depois um estado de relaxamento cada vez maior. Para pessoas com TEA há uma desorganização mental após o susto. O TEA apresenta o relaxamento, com atraso, e depois ao invés de um pico seguido do vale ele tem vários picos. Esse movimento é chamado de “desorganização mental” que instabiliza pessoas com TEA. Os textos e sobreposições coloridas, são do próprio autor. Neste gráfico é possível ver que alguns autistas até seguem o padrão neurotípico em P1 e P2, porém, depois ele foge do padrão de neurotípico, e em geral, ocorre o gráfico da direita no qual há confusão em todos os 3 pontos (SILVEIRA, SILVEIRA & BRASIL, 2018).

2.8.1 Gravação da animação

As gravações das animações são feitas definindo-se posição do objeto e definindo -se uma transição da posição 1 para a posição 2 (UNITY, 2019). Essa animação fica salva como um arquivo que será aplicado sobre a estrutura do objeto, quando há uma alteração na máquina de estado do objeto. Para animações “humanizadas”, são utilizados os conceitos de *RigDoll*, descritos no item 2.7.3.

2.8.2 Animações e o TEA

As animações devem contribuir para a sensação de imersão e realismo da interação do TEA com o AIRV (SILVEIRA, L. I. B. S. et al., 2019). Dessa forma, as animações devem estar mais próximas da realidade, bem como atender aos movimentos pretendidos pelo TEA, e deve-se evitar animações que fujam da lógica física das limitações dos movimentos da biomecânica.



v) **Figura**

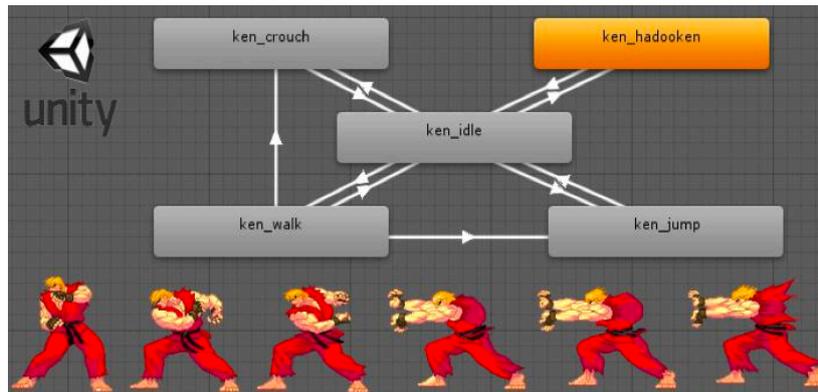
2.25. Exemplo de gravação de animação na Unity. Fonte: Manual da Unity, 2019.

A **Figura 2.25.** demonstra como é feita a gravação de animações na Unity. Nas novas versões da Unity é possível fazer gravações de animações de objetos de cenários (*meshes* simples) a RigDoll (*meshes* complexos). Vale ressaltar que essas animações servem para as máquinas de estado e não são gravações como as de filmagens (*cinematics*). Para animar RigDolls de forma mais simples é melhor utilizar o Mixamo.

2.8.3 Máquina de Estado

A máquina de estado é um conceito que advém de antes da concepção da computação como esta é definida hoje. Este conceito prevê que uma máquina pode ter vários estados, porém

ela só pode ter um destes estados ativo por vez, e que para se chegar em um estado, é preciso passar por estados intermediários para alcançar o estado final que se objetiva.



Figura

2.26. Exemplo de transição de estados em animações. Fonte: Manual da Unity, 2019.

No caso da Unity, como descrito na **Figura 2.26**, a máquina de estado é utilizada para definir a transição entre animações. Enquanto aquele objeto estiver naquele estado, a *Unity* reproduzirá a animação pertinente àquele estado e ao ser encerrado aquele estado a *Unity* irá iniciar a animação condizente com o próximo estado.

2.8.4 RigDoll (estrutura óssea)

A última etapa da modelagem de personagens, e que nem sempre está presente, principalmente quando não se tem o objetivo de prover animações, é a irrigação de estrutura óssea no personagem, conhecido como RigDoll. Essa técnica é o que permite que os *meshes* sejam animados por ferramentas de animação. Quando se segue o padrão de irrigação, é possível animar qualquer *mesh humanoid* (que imita os membros humanos e/ou de animais) modelado em qualquer ferramenta de modelagem utilizando qualquer ferramenta de animação.

Para isso, é necessário que a RigDoll tenha um centro de massa e uma coluna que ligue todos os membros que serão passíveis de animação.

2.8.5 RigDoll e o TEA

No que tange às demandas das pessoas com TEA e do AIRV, quanto maior a capilaridade desses “ossos” maior serão as possibilidades de representação virtual dos movimentos usuais no mundo físico. Outra perspectiva importante é que o movimento, em si, é uma animação aplicada sobre essa “fatia do *mesh*”; porém a definição correta do posicionamento do osso é que evitará “*bugs*” visuais de animações impossíveis, como braços que rotacionam por dentro do corpo e outros tipos de anomalias.

2.9 FERRAMENTAS

Para o desenvolvimento de AIRV são utilizadas, basicamente, as mesmas ferramentas para o desenvolvimento de jogos 3D e que, em grande maioria, também são utilizadas no desenvolvimento de filmes com animação 3D.

2.9.1 Categorização

Entre as categorias de ferramentas estão as *engines*, tais como a Unity e a Unreal, que são responsáveis por toda a parte inerente ao AIRV/jogo, tais como física, integrações com bases de dados, meios e métodos de interação, programação da lógica de funcionamento etc.

2.9.2 Loja de Assets

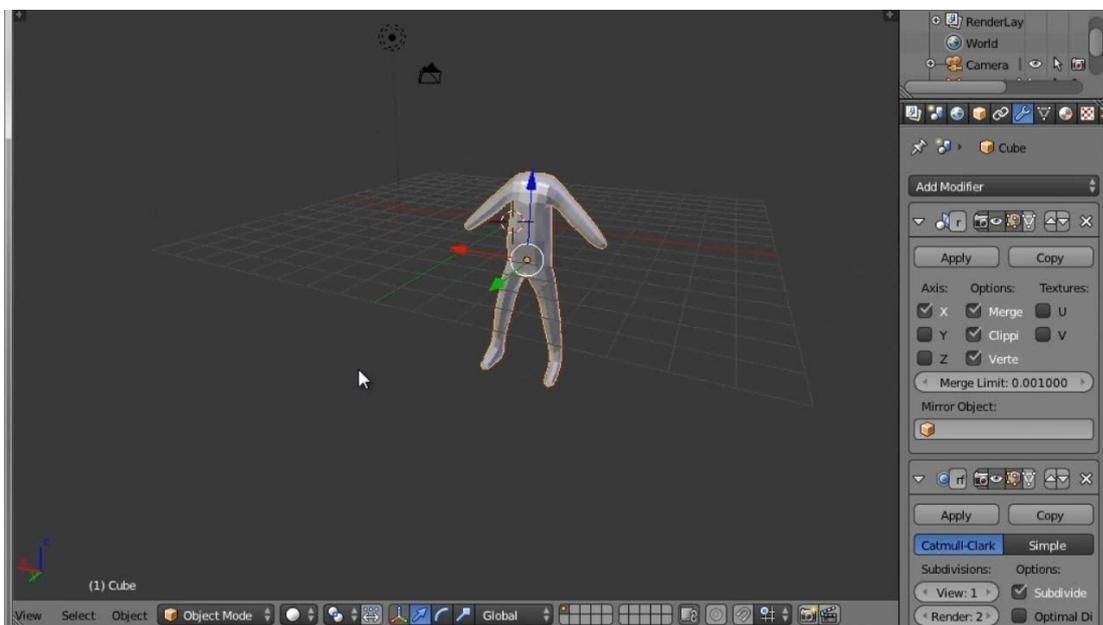
As lojas de *assets* são locais onde os próprios fabricantes dos *softwares* (de modelagem, *engines* etc.) e usuários que sejam produtores ou desenvolvedores de conteúdo, disponibilizam conteúdo gratuito ou pago. Estas lojas contemplam todos os tipos de *assets* desde objetos e personagens modelados até texturas, áudios e códigos-fonte.

Quando a loja é exclusivamente para venda de *assets* dos fabricantes, a atividade recebe o nome de *e-commerce* de *assets*, e quando estas lojas permitem que os usuários produzam ou desenvolvam conteúdos a serem comercializados, essas atividades são chamadas de *marketplace*.

Em jogos e AIRV com foco em alta definição e maior nível de realidade utiliza-se a nomenclatura de Triplo A (ou AAA) para definir os *assets* de maior qualidade. Não existe uma definição do que significa AAA, apenas é uma referência ao que há de maior qualidade. Assim sendo, os códigos e itens utilizados que sejam gratuitos serão disponibilizados em forma de código aberto; porém os *assets* adquiridos não serão disponibilizados por questões legais e éticas relacionadas aos direitos autorais dos artistas e desenvolvedores fornecedores que os vendem.

2.9.3 Modelagem

As ferramentas de modelagem são, em geral, as mesmas utilizadas para qualquer tipo de produção de conteúdo 3D. A principal ferramenta de modelagem *software* livre (sem licença e de código aberto) é o *Blender*. Para este trabalho, a maioria dos *assets* (*meshes*, texturas etc.) foram adquiridos já prontos, uma vez que este trabalho não visava a modelagem, mas, sim, o desenvolvimento. A **Figura 2.27**. apresenta um exemplo de modelagem de personagem.



Figura

2.27. Exemplo de modelagem de personagem com Blender (Fonte: tutorial Blender).

Para obter melhores resultados dos personagens humanoides, a ferramenta com melhor razão custo/benefício encontrada foi a Character Creator, da Reallusion; porém os *assets* utilizados nas primeiras versões foram os do Character Generator da Autodesk, que possui modelagem de personagens em resolução baixa ou média, gratuitamente.

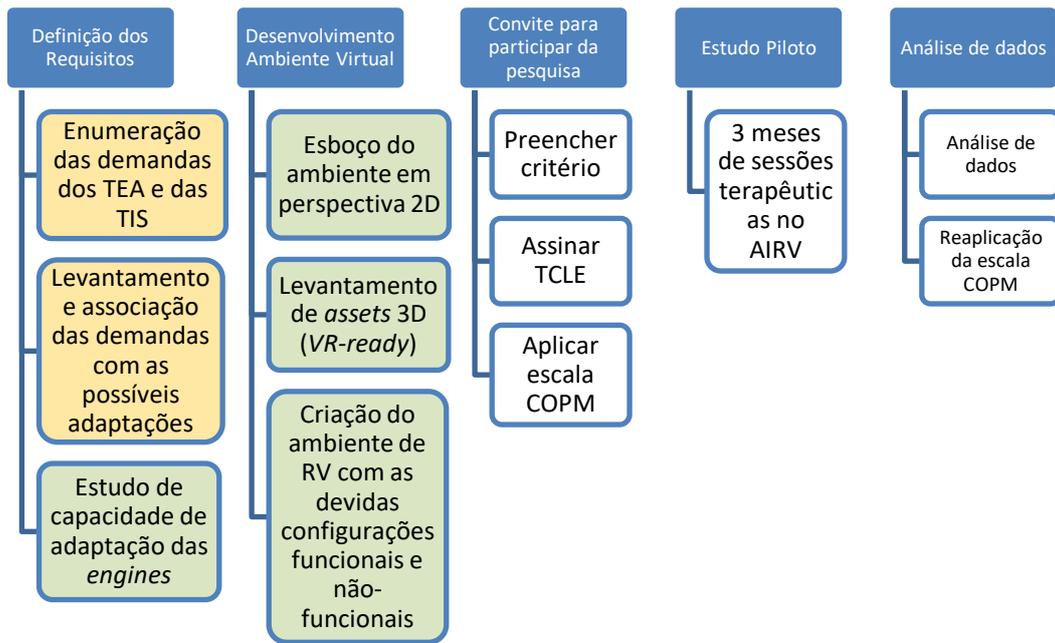
A construção deste capítulo buscou explicar e embasar o caminho percorrido para a obtenção dos resultados do estudo. No próximo capítulo é apresentada a metodologia sobre o qual se apoiou o presente estudo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse capítulo serão apresentados as técnicas, procedimentos e os métodos empregados no entendimento do contexto da AIRV focando na realidade do TEA, permitindo que outros possam replicar o presente estudo.

Essa pesquisa foi desenvolvida em consonância com uma segunda pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB). O **Quadro 3.1.** apresenta o percurso metodológico dessa pesquisa e evidencia os pontos de intersecção entre as pesquisas, sendo a presente pesquisa representada pela cor verde. A cor amarela representa a pesquisa correlata de mestrado que resultou na dissertação publicada em Silveira, 2020. Na cor branca está a proposta de trabalhos futuros, que deve ser possível com a conclusão do presente trabalho que representa a segunda etapa do curso metodológico proposto. A próxima etapa deve se iniciar em trabalhos futuros logo após o parecer favorável do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Faculdade de Saúde (FS/UnB) e pelo CEP da Fundação de Ensino e Pesquisa em Ciências da Saúde (FEPECS).

Quadro 3.1. Curso Metodológico e Intersecção das pesquisas



As etapas ilustradas no quadro acima foram submetidas a apreciação do CEP da Faculdade de Saúde (FS), da UnB e da Fundação de Ensino e Pesquisa em Ciências da Saúde (FEPECS). No momento, aguarda-se apreciação da FEPECS. Com o parecer favorável, será possível dar andamento nos trabalhos futuros, conforme ilustrado pela cor branca no quadro acima.

Em virtude do cenário de pandemia, do novo coronavírus, houve um atraso no trâmite do projeto entre os CEP envolvidos. Todos os serviços precisaram se adaptar e se ajustar às novas condições de trabalho, o que compreensivelmente atrasou e dificultou a comunicação entre as partes envolvidas. É importante frisar que o projeto continua tramitando e se encontra em análise pela FEPECS.

3.1 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO E PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A presente pesquisa ficou responsável pelo desenvolvimento e o projeto técnico do AIRV. Para a delimitação do estudo foi necessário desenvolver uma pesquisa bibliográfica. O processo de pesquisa bibliográfica contemplou o estudo em bases de dados de pesquisas científicas, além de consultas às documentações das ferramentas (*engines*, modelagem etc.).

Durante a pesquisa bibliográfica foi feito um mapeamento de cada ponto dos conceitos daquela frente (modelagem, loja de *assets*, ferramenta de animação etc.) e documentando como funciona, qual o objetivo e como se aplica ao AutismyVR. Esta parte contempla a fundamentação teórica deste trabalho.

Por fim, foi feito o desenvolvimento do AIRV seguindo o levantamento e especificação das demandas com as possíveis necessidades de adaptações para as pessoas com TEA. Essas diretrizes foram apresentadas como resultado da primeira pesquisa (SILVEIRA, 2020). Esta etapa foi documentada no formato *wiki*. Com a demanda de personalização/adaptação do AIRV, foi feita uma comparação entre as diversas opções de ferramentas de desenvolvimento de jogos/AIRV (*engines*) para verificar qual melhor se adequaria a esta necessidade.

3.2 PROTOTIPAÇÃO ÁGIL E VALIDAÇÃO COM PROFISSIONAL

A prototipação da primeira versão do AutismyVR foi feita em metodologia ágil, na qual cada versão menor de alterações era validada em bloco com a profissional especialista. Os blocos menores foram divididos entre:

1. Personagens: verificação e validação de quais avatares seriam ou não pertinentes ao contexto do AIRV para pessoas com TEA;
2. Ambiente: verificação e validação de quais elementos de cenários seriam ou não pertinentes ao contexto de pessoas com TEA no AIRV, tais como carros e seus tipos, disposição de móveis dentro dos ambientes etc. A participação da profissional foi muito pertinente para evitar objetos que dispersassem o sujeito imerso;
3. Animações: verificação e validação das animações que seriam pertinentes aos movimentos e comportamentos permitidos aos tipos de interações disponíveis no AIRV;
4. Interações: meios e métodos de interação no mundo físico que reproduzem resultados/consequências no mundo virtual.

O protótipo final que representa a modelagem final do AIRV para exibição quando outro grupo de pesquisa replicar os passos disponíveis na *wiki* é representado na **Figura 2.12**. As

ferramentas mínimas para a execução dos passos para replicar o protótipo do AutismyVR são o Mixamo para seleção e animação de personagens e a Unity para todas as demais atividades descritas na *wiki*. O Firebase, apesar de necessário, não é considerado uma ferramenta principalmente no âmbito da AIRV, o Firebase foi utilizado somente como armazenamento de dados, caso o pesquisador queira reproduzir sem a conexão com o Firebase será possível também.

Como em todo desenvolvimento de software, foi percebido diversos pontos de falha em ambientação (erros de ambiente como instalação de dependências e/ou outros), e foi feita a documentação dos possíveis pontos de falhas ao reproduzir esta pesquisa. Para sanar estes erros disponibilizamos a documentação destas soluções na categoria “*Bug Fix*” da *wiki*.

Para a construção da *wiki* foi feito um teste de reprodução da pesquisa criando outro projeto do zero e foi documentado, categoria “passo a passo” da *wiki*, como foi feito este experimento e tornando assim a reprodução do ambiente mais acessível.

Seguindo a metodologia ágil, foram feitas evoluções em cada sprint. As sprints não tiveram tamanho fixo devido a não dedicação exclusiva. Na *sprint* de modelagem dos personagens foram modelados personagens para refletir o perfil anatômico dos adolescentes, potenciais futuros usuários deste AIRV. Além destes personagens, foi modelado o personagem da terapeuta.

Os ambientes modelados foram definidos na pesquisa correlata (SILVEIRA, 2020) como sendo uma única cena (mundo virtual aberto) com estes ambientes. Os ambientes definidos foram: restaurante, escola e consultório. Estes ambientes foram construídos com *assets* pré preparados para os propósitos adquiridos na loja de *assets* da Unity. Estes objetos gráficos e seus links de aquisição se encontram na *wiki*.

As animações utilizadas foram escolhidas de forma que os *idles* e as transições gerem uma sensação de corpo inteiro integrado para a pessoa com TEA, por exemplo a movimentação dos braços de tempo em tempo no qual ele pode olhar sua mão virtual. Os testes de animações e transições que melhor se adaptem aos padrões repetitivos e comportamentais dos TEA foram validadas com a especialista em cada interação, seguindo a metodologia ágil.

Nas primeiras interações com a especialista foi levantada a hipótese de que seria possível haver a movimentação do personagem através do movimento cervical da pessoa com TEA.

Esse tipo de interação para movimentação do personagem no AIRV é o mais utilizado sem *joysticks* em AIRV. Nesta modalidade define-se qual movimento cervical refletirá em qual movimento do personagem no AIRV. Neste teste foi definido que ao olhar para baixo com a cervical faria com que o personagem se mova para trás e ao olhar para cima com a cervical faria com que o personagem se mova para frente. Porém foram detectados alguns vários problemas nesta abordagem: 1) é comum pessoas com TEA olharem muito para baixo evitando contato visual, isso faria com que o personagem ficasse andando de costas de forma descontrolada; 2) é comum pessoas com TEA terem problemas nos tonos, o que os faz ter menor resistência muscular e podendo gerar até mesmo déficits de movimentação, impedindo tal movimento constante; 3) esse déficit associado ao fato de que o celular que reproduz o AIRV já é um peso dentro dos óculos de RV e ambos associados ao modelo de interação proposto seriam inviáveis juntos devido ao esforço exigido da pessoa com TEA.

Além da interação de movimento do personagem no AIRV através do controle cervical, também se tinha a expectativa de usar o mecanismo de interação do GoogleVR que utiliza o apontamento do olho via movimento cervical para interação com objetos. Porém pelos mesmos fatores que inviabilizaram o movimento baseado em movimento cervical também inviabilizaram a interação com objetos através do movimento cervical.

Após desistir das interações (movimento e interação com objetos) pelo movimento cervical, então iniciaram-se *sprints* e interações com a especialista desenvolvendo interações de movimento e com objetos através de *joysticks*. Outro elemento que foi eliminado após interações com a especialista foi o fato de movimentar/girar o personagem usando o botão analógico secundário do *joystick*, isso porque gera conflito com este mesmo movimento controlado pelos sensores de RV. Porém é muito comum esse tipo de movimento em jogos para neurotípicos, o que reforça a necessidade de adaptações.

Durante as interações com a especialista, outro ponto de atenção que foi necessário criar adaptação foi quanto aos colisores. Para evitar que o personagem ficasse inclinado quando em contato com objetos pequenos, o que poderia gerar vertigem e náusea em pessoas com TEA e até mesmo em neurotípicos, foram criados colisores bem maiores do que os objetos para evitar estes problemas. Além de evitar a vertigem, esses colisores elevados também evitaram que o

personagem da pessoa com TEA subisse em objetos o que poderia atrapalhar o andamento da intervenção terapêutica com seriedade.

3.3 DESENVOLVIMENTO DOS ALGORÍTMOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

No que tange a parte inteligente do AIRV para adaptação automática do ambiente, foram desenvolvidos dois algoritmos de IA, ambos no contexto de atingir uma automação da adaptação da iluminação com base no perfil sensorial calculado automaticamente pela IA.

Os algoritmos tinham como entrada o padrão de movimento cervical do usuário imerso com TEA, o AIRV ignora a chamada ao algoritmo quando o usuário é o terapeuta, e aprendiam em cima deste comportamento qual iluminação melhor se adequava com base no feedback também cervical. Para fazer a testagem de intensidade da iluminação, o algoritmo ia intensificando a iluminação (tornando mais claro), e hora tornando mais escuro, verificando o padrão comportamental da cervical do jogador.

Para a auto adaptação do AIRV para as TPS das pessoas com TEA foram usados um algoritmo de aprendizado de máquina, o *Multi Layer Perceptron* (MLP) e um algoritmo evolutivo de otimização, o Algoritmo Genético (AG). Ambos foram aplicados no mesmo escopo, no qual as entradas são valores discretos sobre o usuário estar ou não interagindo com elementos que reforcem a preferência por mais iluminação e cores quentes ou o contrário. Assim sendo o AG propaga para a próxima geração os genes de cores mais quentes e os genes de maior iluminação ou os genes de menos iluminação e genes de cores mais frias. No âmbito da MLP a cada 1 segundo existem 60 interações, ou seja, 60 épocas de treinamento e os inpts são os mesmos do AG.

Além dos algoritmos de adaptação automática, também foi desenvolvido um sistema especialista para a aplicação do teste de perfil sensorial visual. Este sistema tem como hipótese demonstrar que dependendo do grau de confiança do responsável nas respostas dadas sobre seu tutelado pode gerar falsos positivos e/ou falsos negativos quanto desempenho do processamento sensorial.

Variáveis
Cobre ou franze os olhos para se proteger da luz
Desconforto ou evita luzes brilhantes (ex.: esconde-se da luz do sol)
DISFUNÇÃO SENSORIAL VISUAL
Feliz ou confortável por estar no escuro
Frustra-se ao tentar encontrar objetos em lugares desorganizados
Incomoda-se com luzes brilhantes, depois que outras crianças já se adaptaram
Olha cuidadosa e intensamente para objetos/pessoas (ex.: encara)
Prefere ficar no escuro
Tem dificuldade de montar quebra-cabeças
Tem dificuldades em encontrar objetos em fundos confusos (ex.: gaveta bagunçada)

Figura 3.28. Variáveis do sistema especialista segundo o formulário do perfil sensorial visual.

Cada variável do sistema especialista demonstrada na Figura 3.28 representa uma questão do formulário de perfil sensorial visual. Após receber todas as respostas o sistema joga estes valores no motor de inferência que aplicará o fator de confiança definido pelo próprio tutor para estabelecer o resultado final do teste.

3.4 METODOLOGIA DE DOCUMENTAÇÃO EM FORMATO WIKI

A documentação se faz necessária em todos os projetos de desenvolvimento de software, porém como este projeto tem como objetivo ser uma espécie de *framework*, então não faz sentido a documentação de requisitos de desenvolvimento de software. O modelo mais utilizado para a documentação de *frameworks*, como o caso da própria Unity é o modelo *wiki*.

O desenvolvimento da *wiki* foi feito através do GitLab Pages utilizando um tema pronto. Quanto ao conteúdo da *wiki*, este foi desenvolvido depois que a primeira versão do

AutismyVR foi finalizada, porque assim seria possível reproduzir do zero até o ponto estável para verificar as possíveis dificuldades na replicação.

O último ponto que vale ressaltar sobre a metodologia do desenvolvimento da *wiki* é sobre seu versionamento. Como este trabalho se encerra aqui e os próximos (futuros) estarão em andamento, a *wiki* será atualizada à medida que o projeto evoluir, porém, caso queira verificar versões anteriores será possível através do repositório do GitHub aonde está versionada. O código fonte do projeto AutismyVR possui um GitHub para as partes que não são de propriedade intelectual fechada, e de resto, está versionado de forma fechada na *UnityCloud*.

A partir da abordagem metodológica e da apresentação do trajeto percorrido durante o presente estudo, foram obtidos os resultados que buscam responder às lacunas existentes e ao problema apontado na introdução. No próximo capítulo os resultados são apresentados e discutidos.

4 RESULTADOS

Os resultados do presente estudo serão apresentados e discutidos neste capítulo. Para uma melhor compreensão, o capítulo está dividido da seguinte forma:

- 1) Resultado da pesquisa bibliográfica: onde são ressaltados o embasamento teórico do estudo;
- 2) Levantamento da marca de referência – comparação entre *engines* para eleger a que melhor permita o desenvolvimento adaptado às necessidades do TPS das pessoas com TEA;
- 3) Resultado do protótipo desenvolvido: apresentar os cenários da cena (ambiente);
- 4) Inteligência artificial desenvolvida: apresentar o resultado dos algoritmos testados;
- 5) Manual: apresentação da documentação que permite a replicação deste trabalho.

4.1 RESULTADO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Para compreender o tema e o que já vinha sendo realizado na área, percebeu-se a necessidade de realizar esta revisão de literatura. Para isso, foi realizada pesquisa no Portal de

Periódicos da CAPES, com os seguintes termos: “realidade virtual” and “programação”, “realidade virtual” and “desenvolvimento” e “realidade virtual” and “autismo”. Nessa pesquisa, foram usados os limites de: idioma (português, inglês e espanhol) e ano (2015 a 2020). Os resultados encontrados são mostrados na Tabela 1.

Tabela 4.1. Revisão de Literatura pelos descritores

Descritor	Incluído	Total
“realidade virtual” and “programação”	1	12
“realidade virtual” and “desenvolvimento”	8	483
“realidade virtual” and “autismo”	2	22

Foram excluídos os artigos repetidos e os que não tinham o texto completo disponibilizado. Após estas exclusões, dos 11 artigos sobraram 6 artigos. Por fim, destes 6 artigos, ao ler o artigo na íntegra, restaram apenas 2 artigos.

Um dos artigos que permaneceram foi o de Rosa, da Silva; Aymone. Este artigo descreve o processo de desenvolvimento de prancha para crianças com TEA utilizando RA. Este trabalho não contempla o desenvolvimento de AIRV, porém contempla a adaptação visual (interface gráfica) para pessoas com TEA. Neste cenário a solução proposta se atem à expectativa de criar objetos virtuais mais próximos da realidade para que a criança possa melhor interagir com a prancha de comunicação. Assim sendo, este estudo corrobora com a necessidade do realismo para crianças com TEA. Este trabalho não se ateu a demanda do desenvolvimento da plataforma específica para TEA, utilizando-se de software pré-pronto de criação de RA para pessoas neurotípicas (SILVA & AYMONE, 2018).

O Segundo artigo selecionado foi o “Apoio à Reabilitação de Pacientes Utilizando Dispositivo de Reconhecimento de Gestos”. Este trabalho, apesar de não abordar autismo e ser mais próximo de uma RA do que de um RV ele apresenta o desenvolvimento de uma aplicação propriamente dita para pessoas com demandas especiais, ou seja, corrobora com a parte pertinente à adaptação do sistema (GODOY et al., 2020).

Por fim, foi feita uma pesquisa fora dos periódicos da CAPES em busca de alguma pesquisa mais próxima do aqui proposto. Neste sentido, foi encontrado o trabalho “*Immersive Virtual Reality in Improving Communication Skills in Children with Autism*”. Esta pesquisa está

mais aderente ao presente trabalho no que tange ao público-alvo (pessoas com autismo), o tipo de tecnologia utilizada (realidade virtual imersiva) e no nível/estágio de projeto (desenvolvimento da aplicação em si). A divergência entre o presente trabalho e a pesquisa mencionada é o fato de que este trabalho tem como objetivo ser um manual para a criação de AIRV para autistas, enquanto a mencionada pesquisa relata o desenvolvimento de um projeto específico. Quanto a abordagem de desenvolvimento, a referida pesquisa não utilizou ferramenta que permitisse aos pesquisadores adaptarem os requisitos não funcionais às necessidades dos autistas como descrito na pesquisa correlata ao presente trabalho (HALABI et al., 2017).

4.2 LEVANTAMENTO DA MARCA DE REFERÊNCIA – COMPARAÇÃO ENTRE *ENGINES*

Para o desenvolvimento do AIRV foi realizado um estudo sobre *engines*, como demonstra a **Figura 4.28**. em busca de encontrar qual *engine* melhor se adequa ao contexto do TEA, e após este estudo, fez-se o levantamento da fundamentação teórica com base na metodologia padrão utilizada no desenvolvimento de jogos digitais acrescentando a importância do funcionamento e adequações pertinentes ao TPS do TEA e como estes passos se dão na *engine* selecionada.

As tabelas presentes na **Figura 4.28**. apresentam as duas tabelas resultantes da comparação de *engines* para definir em qual o trabalho seria desenvolvido (SILVEIRA et al., 2019a).

Table 7 Total score

Features / Game Engines	Game Maker	JMonkey	Marmalade	Ogre3D	Shiva	Turbulenz	Unity	Unreal Engine 4
Scripting/Programming	1.0	4.5	3.0	4.5	2.5	1.0	6.0	6.0
Artificial Intelligence	1.5	4.5	-1.5	1.5	4.5	-0.5	6.0	6.0
Physics	1.5	0.0	3.0	1.5	4.5	-1.5	4.5	4.5
Import/Export Content	-1.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Developer Toolkits	1.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	5.5	5.5
Intercommunication	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.5	3.0	3.0
TOTAL	5.5	17	13.5	16.5	20.5	10.5	28.0	28.0

Table 8 Comparison between *Unity* and *Unreal*

Features	Unity	Unreal Engine 4
Export in CSV (Data Driven)	1.0	1.5
Main SDKs of VR (<i>DayDream</i> e <i>GoogleVR</i>)	1.5	1.5
Control of light intensity and direction	1.0	1.5
Control of performance	1.0	1.5
Easy VR <i>setup</i>	1.5	-0.5
Reusability and capacity to export to VR	1.5	-0.5
Transfer/Export Time	1.5	-0.5
TOTAL	9.0	4.5

Figura 4.28. Tabelas de comparação de *engines* (SILVEIRA et al., 2019a)

As notas dadas seguiram a seguinte regra: 1.0 (a característica existe), 1.5 (característica desenvolvida de forma mais eficiente do que nas *engines* concorrentes), 0.0 (característica inexistente) e -0.5 (característica inexistente inviabilizando o desenvolvimento do AIRV). A primeira tabela foi o resultado da comparação de todas as *engines* enquanto a segunda tabela foi um empate, uma vez que o primeiro estudo concluiu com um empate. Por fim, para o contexto da AIRV para autistas em plataformas de menor poder computacional, a Unity venceu as demais *engines*.

4.3 RESULTADO DO PROTÓTIPO DESENVOLVIDO

Após o levantamento das *engines* e a seleção da *Unity*, foi iniciado o desenvolvimento do protótipo. Neste protótipo foi modelado o AIRV, como demonstrado na **Figura 4.29**; foi criado o avatar, tanto do paciente quanto do profissional, sendo o avatar do jogador (independente de paciente ou profissional) com integração do movimento cervical pelos sensores de RV do

dispositivo móvel (*smartphone*). Como demonstrado na **Figura 2.22.**, este protótipo contemplou também integração com o joystick para que o usuário possa interagir com o personagem.

As técnicas e definições levantadas na fundamentação teórica foram implantadas no protótipo do AutismyVR. Neste trabalho a *point light* foi usado principalmente para “acender” lâmpadas da área externa das casas na rua como mostra a **Figura 4.29.** O cenário noturno é uma proposta ainda a ser testada quanto à sua aceitação pelos autistas na etapa de teste de adaptação, que virá antes do teste piloto, nos trabalhos futuros de intervenção.



Figura 4.29. *Point Light* - Cenário AutismyVR.

No contexto deste trabalho, esta iluminação foi aplicada no farol de carros, bem como na iluminação pública do cenário noturno. Isso porque a *point light* aplicada nestes elementos gráficos geraria uma distorção do real comportamento da luz nestes elementos. Essa distorção de realidade pode ser um fator estressor devido à inflexibilidade cognitiva presente no TEA (SILVEIRA, 2020). Além disso, essa iluminação estará à disposição da terapeuta imersa caso ela queira usar este mecanismo para “apontar” algo que ela queira que o TEA preste atenção ou simplesmente testar a responsividade e sensibilidade usando esta iluminação como “apontador”. A **Figura 4.30.** apresenta a aplicação da *Spot Light* no AIRV AutismyVR desenvolvido.



Figura 4.30. *Spot Light* – Cenário AutismVR.

No que tange o TEA, a luz direcional pode ser considerada a luz mais importante, haja visto que o cenário noturno corre o risco de não ser aceito no primeiro teste. As técnicas empregadas para gerar maior realismo no cenário são conhecidas como técnicas de fotorrealismo. Recebe este nome porque sua aplicação, quando perfeitamente executada, torna possível fazer um teste de Turing. A **Figura 4.31.** apresenta a luz direcional aplicada no AutismVR.



Figura 4.31. Luz direcional - Cenário AutismVR.

A **Figura 4.32.** apresenta um entardecer mais realista vs. um entardecer sem o devido tratamento.

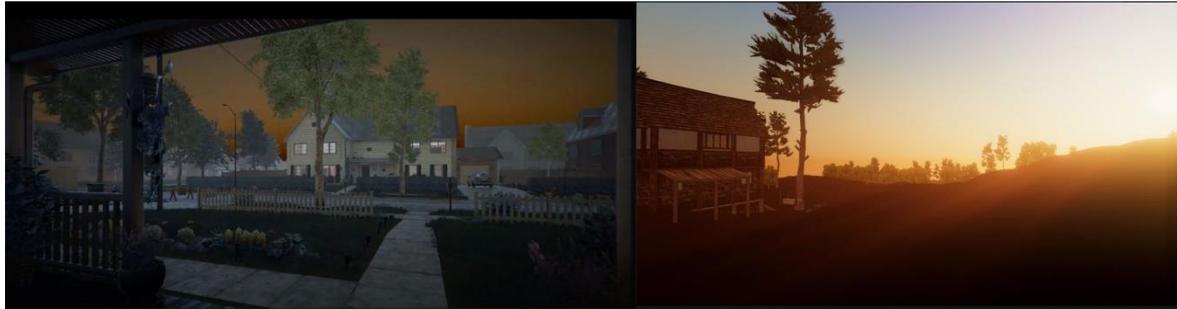


Figura 4.32. Teste de Turing – AutismyVR.

O teste de Turing se trata de pedir a uma pessoa que compare algo produzido pela máquina (artificial) vs. algo da natureza (mundo real), ou que apenas receba um exemplar de algo produzido pela máquina (artificial) e diga se este é real ou algo produzido pela máquina. Se a pessoa não for capaz de dizer se é real ou artificial, ou se a pessoa errar ao dizer que algo é real sendo artificial, ou após ver algumas figuras virtuais considerar que uma figura real é artificial, então o teste será considerado como positivo, ou seja, o produto desenvolvido pela máquina é capaz de ser tão bom quanto algo real. O teste de Turing foi proposto primeiramente para testes com IA, porém com AIRV também se aplica, uma vez que hoje o fotorrealismo é capaz de tal feito. Assim sendo, faça o teste de Turing: verifique se você consegue identificar as figuras 4.31 e 4.32 como reais ou artificiais. Levando em consideração os textos descritivos destas imagens é possível saber que são artificiais, porém faça o teste de tentar identificar elementos/falhas que te façam ter certeza de que são artificiais e assim farás o teste de Turing.

4.4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DESENVOLVIDA

Foram desenvolvidos dois algoritmos, sendo um algoritmo evolutivo e um algoritmo de *shallow learning* (aprendizado de máquina raso). O algoritmo evolutivo selecionado foi o Algoritmo Genético (AG) e o algoritmo de *shallow learning* foi o *Multi-Layer Perceptron* (MLP). Dos resultados obtidos dos algoritmos foram percebidos quanto a precisão da iluminação e viabilidade computacional, uma vez que o AIRV roda no ambiente limitado (móvel).

Do ponto de vista de precisão, ou seja, quão mais precisa é o valor da intensidade luminosa previsto pelo algoritmo, o MLP venceu, gerando um valor de intensidade luminosa mais precisa. Do ponto de vista de viabilidade, o AG foi o que venceu, uma vez que utilizou um poder computacional menor. Para uso em produção o AG foi o selecionado, porém fica em aberto para que pesquisas futuras possam testar outros algoritmos.

4.5 MANUAL

Como resultado final desta pesquisa foi desenvolvido um manual em formato eletrônico disponível em <https://autismyvr.gitlab.io/wiki/categories/Passo-a-Passo>. Este manual visa apoiar que os trabalhos futuros aqui propostos, bem como outros cursos metodológicos de outras equipes que queiram aplicar AIRV adaptados para pessoas com TEA através da reprodução do AutismyVR. Uma vez que o AutismyVR não pode ser publicado como código aberto, devido ao uso de componentes (*assets*) pagos que deve ter sua propriedade intelectual resguardada. Dado o formato de *wiki* deste manual, cada página é considerada uma postagem.

O manual foi organizado em três categorias:

- 1) *Bug Fix*: postagens referentes a possíveis erros (*bugs*) que podem acontecer e como contorná-los e/ou corrigi-los caso ocorram;
- 2) Ferramentas: postagens referentes às ferramentas utilizadas, quais são, a quais categorias pertencem, como utilizá-las e como integrá-las;
- 3) Passo a Passo: é uma sequência de postagens que seguindo a ordem definida criam um tutorial para replicar o AutismyVR e aplicar à sua pesquisa, **Figura 4.33** a representa.

autismyvr.gitlab.io/wiki/categories/Passo-a-Passo/

CATEGORIAS

- Bug Fix 5
- Ferramentas 3
- Categorização & Overview 1
- Lojas de Assets 1
- Modelagem 1
- Passo a Passo 5

HÁ UM ANO PASSO A PASSO 3 MINUTOS DE LEITURA (CERCA DE 501 PALAVRAS)

Passo 4. Interface do Usuário

No âmbito do desenvolvimento de Ambientes Imersivos de Realidade Virtual (AIRV), e jogos em geral, há uma clara distinção entre os elementos do jogo (ambiente) e a Interface de Usuário (UI). No âmbito de AIRV (jogos 3D) os elementos do jogo são objetos gráficos 3D e a UI elementos gráficos 2D desenhados em um canvas. A UI é utilizada para exibir dados do jogo/AIRV como por exemplo mapa, vida, etc ou ainda ser o mecanismo de interação com o jogo/AIRV como é o caso do joystick virtual. No caso de AIRV a imersão impossibilita o usuário de utilizar a UI como forma de interação, restringindo esta a exibição de dados ou interação pré-imersão.

Ler Mais



HÁ UM ANO PASSO A PASSO 2 MINUTOS DE LEITURA (CERCA DE 281 PALAVRAS)

Passo 5. Construção do AIRV

No âmbito deste projeto há apenas uma cena (game level) contemplando todos os cenários propostos (escola, restaurante e consultório). Este AIRV segue como sendo uma cidade que contempla casas e elementos da rua e os cenários propostos.

Figura 4.33. Foto do passo a passo do manual eletrônico (*wiki*) – Passo 4 e 5 de exemplo

Dentre os passos é possível encontrar os *assets* e os meios e métodos para desenvolver uma cidade com casas e outras estruturas de cidade e três ambientes interativos: 1) sala de aula; 2) restaurante; e 3) consultório. Para o desenvolvimento destes três ambientes, faz-se necessário o desenvolvimento de um mundo virtual no qual estes três ambientes serão partes integrantes. Assim sendo, a Figura 2.6. mostra a primeira proposta de AIRV, sendo o ambiente consultório, utilizando *assets* de desenvolvimento próprio e/ou gratuitos, enquanto as **Figuras 2.8., 2.10., 2.12.** mostram o resultado parcial do mundo no qual os ambientes serão parte integrante.



Figura 4.34. Evolução do AIRV do Consultório.

A **Figura 4.32.** demonstra a evolução do consultório em RV, sem a inserção deste no mundo virtual desenvolvido.

Os resultados e as discussões apresentadas neste capítulo constituíram uma gama de resultados e discussões relevantes para o desenvolvimento de AIRV, tendo em vista que buscaram responder as lacunas existentes no contexto do TEA e seus TPS utilizando a capacidade de adaptação e personalização dos AIRV de forma a atender os objetivos gerais e o específico do presente estudo. Assim sendo, além do desenvolvimento do AIRV em si e suas interações, ao prover a essência necessária para a replicação deste estudo no manual, é que no capítulo a seguir serão apresentadas as conclusões deste estudo.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram um AIRV desenvolvido atendendo às demandas específicas dos TPS dos TEA alicerçado em um manual para reprodução dele. Ao seguir o manual, bem como as práticas aqui descritas deve ser possível obter uma réplica funcional do AutismyVR para ser aplicado em crianças e adolescentes com TEA. Quando aplicado, tem como resultado esperado otimizar a aceitação do AIRV e os ganhos para o público autista, bem como a otimização para a realidade do baixo poder de computação gráfica dos *smartphones*. Por fim, deve ser possível também verificar a eficácia da IA de automação da adaptação dos efeitos visuais e de iluminação com base no comportamento do jogador imerso.

Vislumbra-se que o AIRV proposto, possa ser validado junto ao público-alvo. Para tanto, foi necessária a submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), da Faculdade de Saúde (FS), da UnB, através da Plataforma Brasil. A pesquisa foi protocolada junto ao CEP sob o protocolo número 15357519.0.0000.0030 e recebeu parecer favorável do CEP/FS, em 29 de janeiro de 2020 (ANEXO A).

Por se tratar de uma pesquisa realizada em unidade da SES/DF, é preciso obter a sua autorização mediante a aprovação do CEP da Fundação de Ensino e Pesquisa em Ciências da Saúde (FEPECS), que analisa toda pesquisa que é realizada na rede pública de saúde. No momento, aguarda-se a apreciação do CEP da FEPECS, para que pesquisas futuras possam dar continuidade com o início da coleta de dados no Adolescento.

6 LISTA DE REFERÊNCIAS

BENITTI, Fabiane Barreto Vavassori; RHODEN, Jaqueline Sezra. Documento :: SPELL – Scientific Periodicals Electronic Library. *Uma Taxonomia Unificada para Requisitos não Funcionais*, 2015. , p. 1–15.

GODOY, Sérgio Augusto *et al.* Apoio à Reabilitação de Pacientes Utilizando Dispositivo de Reconhecimento de Gestos. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, v. 1, p. 204, 2020.

HALABI, O. *et al.* Immersive virtual reality in improving communication skills in children with Autism. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, v. 11, n. 2, p. 146–158, 2017.

HUMMEL, Johannes *et al.* Comparing three interaction methods for manipulating thin deformable virtual objects. 2012, [S.l: s.n.], 2012. p. 139–140.

KONSÉN, Antti. 3D model of a real world model : Creating import-ready asset. 2015. Disponível em: <<https://www.theseus.fi/handle/10024/103541>>. Acesso em: 1 jul. 2019.

MAZURYK, Tomasz; GERVAUTZ, Michael. Virtual Reality History, Applications, Technology and Future. 1996. Disponível em: <<http://www.cg.tuwien.ac.at/>>. Acesso em: 16 maio 2018.

MORRISON, Steven *et al.* Neuromotor and cognitive responses of adults with autism spectrum disorder compared to neurotypical adults. *Experimental Brain Research*, v. 236, n. 8, p. 2321–2332, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00221-018-5300-9>>.

PADMANABAN, Nitish *et al.* Optimizing virtual reality for all users through gaze-

contingent and adaptive focus displays. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 114, n. 9, p. 2183–2188, 28 fev. 2017. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28193871>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

RIOS, Fábio Luiz de Carvalho; JANISSEK-MUNIZ, Raquel. UMA PROPOSTA DE RELAÇÃO DE REQUISITOS FUNCIONAIS PARA UM SOFTWARE DE APOIO AO PROCESSO DE INTELIGÊNCIA. *REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)*, v. 20, n. 2, p. 425–460, ago. 2014.

SILVA, Rosa Valéria da & AYMONE, José Régio. Processo de desenvolvimento de Prancha de Comunicação Alternativa e Aumentativa para crianças com Transtorno do Espectro do Autismo utilizando Realidade Aumentada Proposal of a Board for Alternative and Augmentative Communication for children with Autism. v. 15, 2018.

SCHMITT, Paul J.; AGARWAL, Nitin; PRESTIGIACOMO, Charles J. From Planes to Brains: Parallels Between Military Development of Virtual Reality Environments and Virtual Neurological Surgery. *World Neurosurgery*, v. 78, n. 3–4, p. 214–219, 1 set. 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878875012006341>>. Acesso em: 1 jul. 2019.

SILVEIRA, Ilton Garcia dos Santos; SILVEIRA, Lídia Isabel Barros dos Santos & BRASIL, Lourdes Mattos. Virtual Reality sensors as spatio-temporal for Autism Spectrum Disorder behavior analysis. 2018, [S.l: s.n.], 2018. p. 72444.

SILVEIRA et al. Comparison of Virtual Reality Engines to Develop Games for Individuals on the Autism Spectrum. [S.l: s.n.], 2019. p. 771–777.

SILVEIRA et al. Analyzing game engines for Autistic Spectrum Disorder Virtual Reality Environment development. *IFMBE Proceedings*, 2018.

Silveira, Lídia Isabel Barros dos Santos (2020). Encaixando as peças: realidade virtual imersiva para treinar habilidade social de adolescentes do espectro autista. Dissertação de mestrado em Engenharia Biomédica, Publicação 120A/2020, Programa de Pós-Graduação, Faculdade UnB Gama, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 118p.

SILVEIRA, Lídia Isabel Barros dos Santos; SILVEIRA, Ilton Garcia dos Santos & BRASIL, Lourdes Mattos.. Proposição de um ambiente de realidade virtual para o tratamento do transtorno do espectro autista. 2018, [S.l: s.n.], 2018.

TAKEDA, Ryo et al. Gait analysis using gravitational acceleration measured by wearable sensors. *Journal of Biomechanics*, v. 42, n. 3, p. 223–233, 9 fev. 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19121522>>. Acesso em: 1 jul. 2019.

UNITY. *Unity - Manual: Types of light*. Disponível em: <<https://docs.unity3d.com/Manual/Lighting.html>>. Acesso em: 11 out. 2019.

VIRTUAL REALITY SOCIETY. *History Of Virtual Reality - Virtual Reality Society*. Disponível em: <<https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>>. Acesso em: 10 out. 2019.

WADE, Nicholas J. Wheatstone and the Origins of Moving Stereoscopic Images. *Perception*, v. 41, n. 8, p. 901–924, 1 ago. 2012. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1068/p7270>>. Acesso em: 1 jul. 2019.

WU, Fei & ROSENBERG, Evan Suma. Combining Dynamic Field of View Modification with Physical Obstacle Avoidance. p. 1882–1883, 2019.

CYBERITH. *Skyrim in VR - Cyberith Virtualizer + Oculus Rift + Wii Mote = Full Immersion*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=k7n5kRRHDpw>>. Acesso em: 11 out. 2019.

ANEXO A

Comprovante de parecer consubstanciado do CEP

UNB - FACULDADE DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Uso de Realidade Virtual em benefício da saúde mental da população que faz uso do Sistema Único de Saúde

Pesquisador: Marília Miranda Forte Gomes

Área Temática:

Versão: 5

CAAE: 15357519.0.0000.0030

Instituição Proponente: Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Faculdade do

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.814.941

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BRASILIA, 29 de Janeiro de 2020

Assinado por:
Marie Togashi
(Coordenador(a))

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde - Campus Darcy Ribeiro

Bairro: Asa Norte

CEP: 70.910-900

UF: DF

Município: BRASILIA

Telefone: (61)3107-1947

E-mail: cepfsunb@gmail.com