



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**José Antonio Serra Carneiro**

**UM JOGO SÉRIO DE BOCHA EM AMBIENTE DE  
REALIDADE VIRTUAL PARA TRATAMENTO NÃO  
FARMACOLÓGICO DE PACIENTES COM DOENÇA DE  
PARKINSON**

UBERLÂNDIA - MINAS GERAIS

2023

**José Antonio Serra Carneiro**

**UM JOGO SÉRIO DE BOCHA EM AMBIENTE DE  
REALIDADE VIRTUAL PARA TRATAMENTO NÃO  
FARMACOLÓGICO DE PACIENTES COM DOENÇA DE  
PARKINSON**

*Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em  
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia,  
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do Título  
de Mestre em Ciências.*

**Área de Concentração:** Processamento da Informação.

**Linha de Pesquisa:** Computação Gráfica

**Subárea:** Realidade Virtual

**Orientador:** Prof. Dr. Edgard Afonso Lamounier  
Júnior

UBERLÂNDIA - MINAS GERAIS

2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C289  
2023

Carneiro, José Antônio Serra, 1959-  
Um jogo sério de bocha em ambiente de realidade  
virtual para tratamento não farmacológico de pacientes  
com doença de parkinson [recurso eletrônico] / José  
Antônio Serra Carneiro. - 2023.

Orientador: Edgard Afonso Lamounier Júnior.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de  
Uberlândia, Pós-graduação em Engenharia Elétrica.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.510>  
Inclui bibliografia.

1. Engenharia elétrica. I. Lamounier Júnior, Edgard  
Afonso ,1964-, (Orient.). II. Universidade Federal de  
Uberlândia. Pós-graduação em Engenharia Elétrica. III.  
Título.

CDU: 621.3

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
 Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 3N - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
 Telefone: (34) 3239-4707 - www.posgrad.feelt.ufu.br - copel@ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Engenharia Elétrica				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 787, PPGEELT				
Data:	Trinta de agosto de dois mil e vinte e três	Hora de início:	08:30	Hora de encerramento:	11:30
Matrícula do Discente:	12022EEL007				
Nome do Discente:	José Antonio Serra Carneiro				
Título do Trabalho:	Um jogo sério de bocha em ambiente de realidade virtual para tratamento não farmacológico de pacientes com doença de parkinson				
Área de concentração:	Processamento da Informação				
Linha de pesquisa:	Metodologia e Técnicas da Computação				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Coordenador do projeto: Prof. Dr. Edgard Afonso Lamounier Júnior Título do projeto: Metodologias para desenvolvimento de Jogos/Jogos Sérios. Agência financiadora: Não aplicável. Número do processo na agência financiadora: Não aplicável. Vigência do projeto: de 2020 até o presente				

Reuniu-se por meio de videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, assim composta: Professores Doutores: Augusto Wohlgemuth Fleury Veloso da Silveira - UFU; Kenedy Lopes Nogueira - IFTM; Edgard Afonso Lamounier Jr. - UFU, orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Edgard Afonso Lamounier Jr., apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Edgard Afonso Lamounier Junior, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/08/2023, às 10:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Augusto Wohlgemuth Fleury Veloso da Silveira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/08/2023, às 10:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Kenedy Lopes nogueira, Usuário Externo**, em 30/08/2023, às 10:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4690281** e o código CRC **5DA14BEE**.

À minha esposa, Karine, aos meus filhos, João Paulo, Ivan Pedro, Kamyille, Maria Eduarda e Marina.

# Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a DEUS, acima de tudo, que permitiu este momento de grande importância em minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edgard Afonso Lamounier Júnior, e a Profa. Dra. Luciene Chagas de Oliveira, sou grato pela confiança, orientação, ideias e conselhos que fizeram com que a elaboração deste trabalho se tornasse um caminho seguro à obtenção de novos conhecimentos.

A todos os professores, funcionários e amigos da Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, sou grato pelos ensinamentos, atenções e gentilezas.

Aos colegas do laboratório de Computação Gráfica da Universidade Federal de Uberlândia, por todo o apoio durante este período de convivência. Agradeço, em especial, os colegas do Grupo de Realidade Virtual e Aumentada (GRVA) da UFU: Fábio Augusto, Gabriel Cyrino, Diogo Cavalcante e Gerson Flávio, pelo apoio e discussões sobre a área de Realidade Virtual e Aumentada.

Aos profissionais da saúde que participaram na avaliação da proposta desta pesquisa, meus sinceros agradecimentos.

Finalmente, a toda minha amada família, pelo incentivo durante esta jornada, especialmente a minha esposa Karine, as minhas filhas Kamyllé, Maria Eduarda, Marina, aos meus filhos João Paulo e Ivan Pedro, pelo amor e carinho incondicional.

"A realidade virtual é uma forma de arte imersiva que nos permite vivenciar coisas que nunca poderíamos experimentar de outra forma."

(Jaron Lanier)

"Engenheiros trabalham para tornar as coisas possíveis, não apenas possíveis, mas fáceis."

(Ivan Sutherland)

"Apenas a perseverança e a dedicação à causa podem trazer resultados verdadeiramente significativos na busca pela compreensão e tratamento de doenças."

(Dr. James Parkinson)

"Acredito no poder da pesquisa e inovação médica para avançar na busca de tratamentos mais eficazes e menos invasivos."

(Dr. Egas Moniz)

"O temor do Senhor é o princípio da sabedoria, e o conhecimento do Santo a prudência."

(Provérbios 9:10)



# Publicações Obtidas

As publicações relacionadas à pesquisa e ao trabalho realizado são listadas a seguir:

## Artigos completos publicados em Periódicos

- CARNEIRO, JOSÉ A. S.; DE OLIVEIRA, LUCIENE C.; MENDES, LUANNE C.; DE LOPES, RENATO A.; ANDRADE, ADRIANO O; LAMOUNIER JR, EDGARD A. **A Systematic Review of Serious Game used for rehabilitation of individuals with Parkinson's Disease.** In: *Research on Biomedical Engineering*, 2021, v.1, p1, 2021.

## Trabalhos completos publicados em Anais de Congressos

- CARNEIRO, J. A. S.; OLIVEIRA, L. C; RAMOS, M. S; GUIMARAES, J. A; VICTORINO, VICTOR C.; ANDRADE, A. O; CARDOSO A. LAMOUNIER JR, E. A. **Jogo de Bocha em Ambiente de Realidade Virtual para Reabilitação de Pacientes com Doença de Parkinson.** XIX CEEL - Conferência de Estudos de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), 2021.
- CARNEIRO, J. A. S.; OLIVEIRA, L. C; A; ANDRADE, A. O.; LOPES, R. A; COSTA, S. C; OLIVEIRA, I.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER, E. A. **Aplicação de Jogos Sério baseado em Realidade Virtual para Reabilitação de Pacientes com Doença de Parkinson por meio de uma Órtese de Punho.** In: Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR 2020). 2020, Pernambuco. XXII Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR 2020), 2020.

## Resumo

A Doença de Parkinson (DP) afeta, principalmente, pessoas acima de 60 anos, comprometendo a capacidade física e cognitiva desses indivíduos. Tratando-se de doença neurodegenerativa progressiva, sem causa determinada e cujos tratamentos atuais têm caráter paliativo. Entretanto, estudos mostram que tratar os sintomas e adotar protocolos para retardar o avanço da doença podem ajudar na qualidade de vida dos pacientes. Os tratamentos não farmacológicos, através da fisioterapia e prática de exercícios, podem auxiliar no tratamento físico, cognitivo e inserção social de pessoas com DP. Recentemente, tem-se observado um grande interesse pelo uso de tecnologias alternativas, como jogos sérios e Realidade Virtual (RV), para a reabilitação e acompanhamento da DP. Porém, elementos importantes no tratamento da DP, tais como bradicinesia (lentidão de movimentos), rigidez muscular, força e equilíbrio, não foram encontrados simultaneamente em sistemas estudados. Acredita-se que a inclusão destes podem trazer um grande impulso para o tratamento não farmacológico da DP. Assim, este trabalho apresenta uma aplicação de jogos sérios em ambiente de Realidade Virtual (RV) para o suporte a estes elementos. Para tanto, o jogo sério de Bocha foi considerado um estudo de caso para o tratamento desses pacientes. Além de colaborar com o trabalho de reabilitação, o jogo sério aqui proposto apoia o profissional responsável pelo acompanhamento da evolução do paciente. O sistema foi avaliado por profissionais especialistas no diagnóstico e tratamento de pacientes com DP, por meio de uma apresentação audiovisual da aplicação, seguido da aplicação de um questionário avaliativo, cuja compilação e análise referendou a relevância e aplicabilidade do jogo proposto. Portanto, o projeto contribui no tratamento não farmacológico da DP, no que diz respeito a bradicinesia, rigidez, força e equilíbrio, e postula a integração de avaliações quantitativas em jogos sérios em ambiente RV como abordagem altamente promissora para o tratamento não farmacológico da DP.

**Palavras-chave:** Realidade Virtual, Doença de Parkinson, Serious Game, Reabilitação Motora.

## ***Abstract***

*Parkinson's disease (PD) mainly affects people over 60 years old, compromising the physical and cognitive capacity of these individuals. In the case of a progressive neurodegenerative disease, with no determined cause and whose current treatments are palliative. However, studies show that treating the symptoms and adopting protocols to delay the progression of the disease can improve the quality of life of patients. Non-pharmacological treatments, through physiotherapy and exercise, can help in the physical and cognitive treatment and social insertion of people with PD. Recently, there has been a great interest in the use of alternative technologies, such as serious games and Virtual Reality (VR), for the rehabilitation and monitoring of PD. However, important elements in the treatment of PD, such as bradykinesia (slowness of movement), muscle stiffness, strength and balance, were not found simultaneously in the studied systems. It is believed that the inclusion of these can bring a great boost to the non-pharmacological treatment of PD. Thus, this work presents an application of serious games in a Virtual Reality (VR) environment to support these elements. Therefore, the serious game of bocce was considered a case study for the treatment of these patients. In addition to collaborating with the rehabilitation work, the serious game proposed here supports the professional responsible for monitoring the patient's evolution. The system was evaluated by professionals specialized in the diagnosis and treatment of patients with PD, through an audiovisual presentation of the application, followed by the application of an evaluation questionnaire, whose compilation and analysis confirmed the relevance and applicability of the proposed game. Therefore, the project contributes to the non-pharmacological treatment of PD, with regard to bradykinesia, stiffness, strength and balance, and postulates the integration of quantitative assessments in serious games in a VR environment as a highly promising approach for the non-pharmacological treatment of PD.*

**Keywords:** *Virtual Reality, Parkinson's Disease, Serious Game, Motor Rehabilitation.*

# Sumário

<b>PUBLIKAÇÕES OBTIDAS</b> .....	<b>II</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>7</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	<b>10</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	11
1.2 OBJETIVO PRINCIPAL .....	13
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.4 ORGANIZAÇÃO DESTA DISSERTAÇÃO .....	14
<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>16</b>
2.1 A DOENÇA DE PARKINSON .....	16
2.2 REALIDADE VIRTUAL .....	31
2.3 SERIOUS GAME (JOGOS SÉRIOS) .....	43
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	47
<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b> .....	<b>48</b>
3.1 TRABALHOS RELACIONADOS A JOGOS COM REALIDADE VIRTUAL PARA PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON .....	49
3.1.1 <i>Lugo</i> .....	49
3.1.2 <i>Jogo Ballon Goon</i> .....	50
3.1.3 <i>Projeto VR4inclusion</i> .....	52
3.1.4 <i>Sistema Rehabeelitation</i> .....	54
3.1.5 <i>Jogo para XBOX 360</i> .....	55
3.2 ESTUDO COMPARATIVO DOS TRABALHOS RELACIONADOS .....	57
3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	57

<b>SISTEMA PROPOSTO – ARQUITETURA E FUNCIONALIDADES .....</b>	<b>59</b>
4.1 ESTUDO DE CASO – JOGO DE BOCHA .....	59
4.2 REQUISITOS DO SISTEMA .....	63
4.3 CARACTERÍSTICAS DA APLICAÇÃO .....	65
4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76
<b>DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO .....</b>	<b>78</b>
5.1 DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO .....	78
5.1.1 <i>Tecnologias Utilizadas</i> .....	78
5.1.2 <i>Ambiente de desenvolvimento e Elementos do Jogo</i> .....	80
5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	88
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>90</b>
6.1 METODOLOGIA DA AVALIAÇÃO .....	90
6.2 RESULTADOS .....	91
6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	98
<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>99</b>
7.1 CONCLUSÕES .....	99
7.2 TRABALHOS FUTUROS .....	102
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>115</b>

# Lista de Figuras

FIGURA 1 - IMAGEM DO SG SEA HERO QUEST. ....	17
FIGURA 2 – ESTÁGIOS NEUROPATOLÓGICOS NA DP. ....	18
FIGURA 3 – “AN ESSAY ON THE SHAKING PALSY” ..... 19	19
FIGURA 4 – DR JEAN-MARTIN CHARCOT. ....	20
FIGURA 5 - A + B (POSTURAS) E C + D (MICROGRAFIA E TREMOR) ..... 20	20
FIGURA 6 –SINTOMAS SECUNDÁRIOS OU NÃO MOTORES NA DP. ....	26
FIGURA 7 – ESTEREOSCÓPIO DE WHEATSTONE. ....	32
FIGURA 8 – SENSORAMA. ....	33
FIGURA 9 – <i>HEAD-MOUNTED DISPLAY (HMD)</i> DE I. SUTHERLAND. ....	33
FIGURA 10 – <i>VISUALLY COUPLED AIRBORNE SYSTEMS SIMULATOR (VCASS)</i> . ....	34
FIGURA 11 – COMPONENTES DA IMERSÃO. ....	36
FIGURA 12 – COMPONENTES DA INTERAÇÃO. ....	36
FIGURA 13 - COMPONENTES DO GRAU DE ENVOLVIMENTO. ....	38
FIGURA 14 –TIPO DE ENVOLVIMENTO. ....	38
FIGURA 15 – REALIDADE VIRTUAL NA SAÚDE. ....	39
FIGURA 16 – REALIDADE AUMENTADA NA SAÚDE. ....	39
FIGURA 17 – SIMULADOR CIRÚRGICO EM RV. ....	40
FIGURA 18 - REALISMO DA INTERAÇÃO. ....	42
FIGURA 19 – EQUILÍBRIO ÉTICO ..... 44	44
FIGURA 20 – IMAGEM DO SG ACA. ....	45
FIGURA 21 – IMAGEM DO SG TURTLE THERAPY ..... 46	46
FIGURA 22 – IMAGEM DO SG AMAZING ALEX. ....	46
FIGURA 23 – IMAGEM DO SG SEA HERO QUEST. ....	47
FIGURA 24 -USUÁRIO REALIZANDO TAREFA DE MOVER A ESFERA. ....	49
FIGURA 25 - JOGO BALLON GOON MOSTRANDO UM QUADRO DA ANIMAÇÃO DE "SOCO" DO AVATAR. ....	51
FIGURA 26 -CENÁRIO DO VR4INCLUSION BOCCIA. ....	53
FIGURA 27 - JOGO DE ABELHAS PARA REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM DP. ....	55
FIGURA 28 -DIAGRAMA DE CASOS DE USO DO JOGO DE BOCHA ADAPTADO. ....	64
FIGURA 29 - DIAGRAMA DE CASOS DE USO PARA O PROFISSIONAL DA SAÚDE ..... 65	65
FIGURA 30 - EXECUÇÃO DO PROTÓTIPO DE BOCHA ADAPTADA ..... 66	66
FIGURA 31 - DEMONSTRAÇÃO DO LANÇAMENTO DAS BOCHAS DO PROTÓTIPO. ....	67
FIGURA 32 – VISTA SUPERIOR DO JOGO. ....	68
FIGURA 33 - DEMONSTRAÇÃO DA TELA DE SELEÇÃO DE MODO DE JOGO. ....	69
FIGURA 34 - CENÁRIO INICIAL SITUADO NA CIDADE. ....	70
FIGURA 35 - CENÁRIO INICIAL SITUADO NA PRAIA ..... 70	70
FIGURA 36 - CENÁRIO SITUADO NO ESTÁDIO PADRÃO ..... 71	71

FIGURA 37 - CENÁRIO SITUADO EM ESTÁDIO GLACIAL .....	71
FIGURA 38 - CENÁRIO EM QUE A BOCHA ESTÁ POSICIONADA NA CANCHA .....	72
FIGURA 39 - CENÁRIO COM BOCHA POSICIONADA NA CANCHA E CURSOR (SETA VERDE) .....	72
FIGURA 40 - CELULAR COMO INTERFACE DE INTERAÇÃO NO JOGO DE BOCHA EM AMBIENTE DE REALIDADE VIRTUAL. ....	73
FIGURA 41 - USUÁRIO UTILIZANDO O JOGO DE BOCHA COM O DISPOSITIVO HTC VIVE .....	74
FIGURA 42 - PONTUAÇÃO DO JOGO DE BOCHA. ....	74
FIGURA 43 – ARQUITETURA DOS MÓDULOS DO JOGO DE BOCHA. ....	75
FIGURA 44 - SCRIPT DE ARREMESSO DA BOLA .....	81
FIGURA 45 - VARIÁVEIS DO JOGO .....	82
FIGURA 46 - SCRIPT PRINCIPAL DO JOGO. ....	83
FIGURA 47 - PROPRIEDADE RIGIDBODY. ....	84
FIGURA 48 - SIMULAÇÃO DO JOGO, BRAÇO PARA TRÁS - INÍCIO DO LANÇAMENTO .....	85
FIGURA 49 - CÓDIGO FONTE C# DO LANÇAMENTO DA BOLA .....	86
FIGURA 50 - SIMULAÇÃO DO JOGO, BRAÇO PARA FRENTE - FIM DO LANÇAMENTO. ....	88
FIGURA 51 - COM QUE FREQUÊNCIA ATENDE PACIENTES COM DP? .....	91
FIGURA 52 - CONHECE A UTILIZAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS PARA TRATAMENTO NÃO FARMACOLÓGICO DE PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON? .....	92
FIGURA 53 - JÁ APLICOU OU INDICOU A UTILIZAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS PARA ALGUM PACIENTE COM DOENÇA DE PARKINSON? .....	93
FIGURA 54 . COMO AVALIA A APLICAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS (SERIOUS GAMES) EM AMBIENTES DE RV NO TRATAMENTO NÃO FARMACOLÓGICO DA DP NO QUE DIZ RESPEITO AO SINTOMA DE TREMOR? .....	93
FIGURA 55 . COMO AVALIA A APLICAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS (SERIOUS GAMES) EM AMBIENTES DE RV NO TRATAMENTO NÃO FARMACOLÓGICO DA DP NO QUE DIZ RESPEITO AO SINTOMA DE BRADICINESIA? .....	94
FIGURA 56 . COMO AVALIA A APLICAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS (SERIOUS GAMES) EM AMBIENTES DE RV NO TRATAMENTO NÃO FARMACOLÓGICO DA DP NO QUE DIZ RESPEITO AO SINTOMA DE RIGIDEZ? .....	94
FIGURA 57 . COMO AVALIA A APLICAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS (SERIOUS GAMES) EM AMBIENTES DE RV NO TRATAMENTO NÃO FARMACOLÓGICO DA DP NO QUE DIZ RESPEITO AO SINTOMA DE EQUILÍBRIO? .....	95
FIGURA 58 . COMO AVALIA A APLICAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS (SERIOUS GAMES) EM AMBIENTES DE RV NO TRATAMENTO NÃO FARMACOLÓGICO DA DP NO QUE DIZ RESPEITO AO SINTOMA DE FORÇA? .....	96
FIGURA 59 . COMO AVALIA A APLICAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS (SERIOUS GAMES) EM AMBIENTES DE RV NO TRATAMENTO NÃO FARMACOLÓGICO DA DP NO QUE DIZ RESPEITO AO SINTOMA DE FREEZING? .....	97
FIGURA 60 - O SISTEMA APRESENTADO PODE SER AVALIADO COMO OPÇÃO DE TRATAMENTO NÃO FARMACOLÓGICO DA DP? .....	97

# Lista de Tabelas

TABELA 1 . ANÁLISE DOS SISTEMAS DE REALIDADE VIRTUAL PARA INDIVÍDUOS COM DOENÇA DE PARKINSON. ....	57
TABELA 2 . COMPARAÇÃO DO PROJETO COM OS TRABALHOS RELACIONADOS .....	101



## Lista de Siglas

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
DP	Doença de Parkinson
RV	Realidade Virtual
RA	Realidade Aumentada
UC	<i>Use Case</i> (Caso de Uso)
UFU	Universidade Federal de Uberlândia

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Contextualização e Justificativa

Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) são interfaces computacionais que podem ser utilizadas no processamento de informações em diversos tipos de aplicações. As pesquisas em RV e RA estudam formas de transformar dados em modelos tridimensionais, de forma a facilitar a compreensão e/ou ajudar na descoberta de novas informações contidas nestes dados (NASCIMENTO; CARVALHO; COSTA, 2008).

Em particular, a RV refere-se à simulação de um ambiente real e permite aos participantes interagirem com o mesmo, possibilitando visualizar e manipular representações extremamente complexas, geradas por um computador. Na área da Saúde, o uso da RV no tratamento de pacientes cresce significativamente, sendo útil também para educação e treinamentos (COSTA; BOURGET; JABLONSKI; MAIRE *et al.*, 2019). Adicionalmente, a RV é uma tecnologia com valor reconhecido na reabilitação de pacientes neurológicos por proporcionar uma interação lúdica, bem como *biofeedback* sensorial, fundamentais para tornar o tratamento de reabilitação

mais eficiente. Sua aplicação em formato de jogo constitui fator de adesão significativo (BONNECHÈRE; OMELINA; VAN SINT JAN, 2015; ONG; WEIBIN; VALLABHAJOSYULA, 2021).

Jogos sérios, também conhecidos como jogos educacionais, jogos aplicados ou jogos com propósito, são jogos projetados com o objetivo principal de fornecer uma experiência lúdica que vai além do entretenimento, buscam alcançar resultados práticos e são desenvolvidos com propósitos específicos, como educar, treinar, simular, informar ou influenciar comportamentos. Nesse escopo, eles têm sido utilizados em diversas áreas da atividade humana e suas aplicações proliferam em múltiplos campos da exploração científica, em especial no da Saúde (MACEDO, 2019; MELO; BRASIL; PANERAI; SILVA, 2011).

Um fato recente sobre estas tecnologias é que elas podem ser utilizadas no tratamento não farmacológico ou reabilitação de entidades nosológicas, inclusive indivíduos acometidos pela Doença de Parkinson (DP) (OLIVEIRA; LAMOUNIER; ANDRADE; LOPES *et al.*, 2020). Por sua vez, a DP é uma patologia degenerativa do Sistema Nervoso Central (SNC), crônica, lentamente progressiva e se manifesta classicamente por tremor, rigidez, bradicinesia (lentidão), instabilidade postural, distúrbio de fala e escrita (LUNARDI; DE OLIVEIRA; FREITAS, 2021). Os sinais e sintomas surgem em função da degeneração de neurônios (células do sistema nervoso) que produzem o neurotransmissor dopamina. A falta ou diminuição da dopamina disponível no espaço sináptico é que desencadeia os distúrbios motores elencados acima. Na maioria dos pacientes o tremor é o sinal socialmente mais evidente, mas as limitações resultantes da rigidez, da bradicinesia e da instabilidade postural é que impactam, significativamente, no funcionamento do indivíduo (SILVA; PABIS; DE ALENCAR; DA SILVA *et al.*, 2010).

A prática sistemática de atividade física, em especial aquelas orientadas por profissionais qualificados, tem efeitos benéficos bem estabelecidos. Os pacientes portadores da Doença de Parkinson colhem benefícios físicos e psíquicos ao praticar atividades físicas regularmente, mesmo sabendo-se que não leva ao desaparecimento da enfermidade. Contudo, existem estudos que indicam retardo na progressão da

---

rigidez muscular e da bradicinesia (KURODA; TATARA; TAKATORIGE; SHINSHO, 1992; ZESIEWICZ; HAUSER, 2001). Além disso, segundo Shankar (2002), este tipo de atividade melhora a sensação de bem-estar e o estado funcional do paciente.

No tratamento não farmacológico da Doença de Parkinson preconiza-se atividades de reabilitação com os objetivos de possibilitar a deambulação (caminhar) com segurança, proporcionar autonomia na realização de atividades rotineiras, auxiliar na manutenção da aptidão física, principalmente, massa muscular e força, auxiliando na preservação das funções cognitivas, da fala e do equilíbrio emocional. Entretanto, sistemas atuais que lidam com a DP, não consideram elementos importantes do tratamento, tais como, bradicinesia, rigidez, força e equilíbrio. O suporte a estes elementos podem potencializar o uso de tais sistemas (GONÇALVES; LEITE; PEREIRA, 2011; SANTOS; LEITE; SILVEIRA; ANTONIOLLI *et al.*, 2010).

Por outro lado, a bocha é um esporte que combina estratégia, precisão e habilidade, e é praticado em diversos níveis, incluindo as Paraolimpíadas. Neste esporte, os jogadores competem para lançar bolas com o objetivo de se aproximarem o máximo possível de uma bola-alvo chamada Bolin.

Uma das principais vantagens da bocha é a sua adaptabilidade, tornando-se um esporte inclusivo e adequado para pessoas com diferentes habilidades físicas e funcionais. Nas Paraolimpíadas, a bocha é jogada por atletas com deficiência física, incluindo aqueles com paralisia cerebral e outras condições que afetam a mobilidade e o controle motor.

Além de ser um esporte inclusivo, a prática da bocha oferece uma série de benefícios para os atletas. Entre eles, destacam-se o desenvolvimento da coordenação motora, a melhoria do equilíbrio, a concentração e o planejamento estratégico. A bocha também promove o trabalho em equipe e a socialização, proporcionando uma oportunidade para os atletas interagirem e compartilharem experiências.

## 1.2 Objetivo Principal

Esta pesquisa tem por objetivo principal investigar a potencial contribuição do uso de Realidade Virtual, associado a um Jogo Sérioso na reabilitação de pacientes com

Doença de Parkinson (DP), onde características tais como a bradicinesia, rigidez, força e equilíbrio são suportadas.

### **1.3 Objetivos Específicos**

Com o propósito de alcançar o objetivo principal deste projeto, os seguintes objetivos específicos foram estipulados:

- Identificar os requisitos de um sistema de Realidade Virtual, associado a um Jogo Sério, para auxiliar na reabilitação de indivíduos com Doença de Parkinson;
- Propor uma arquitetura para o desenvolvimento de sistemas de RV/JS para reabilitação de pacientes com a Doença de Parkinson, e que atendam os requisitos identificados no item anterior;
- Projetar e construir Jogo de Bocha simulado em ambiente de RV adequado ao propósito desta pesquisa;
- Validação da aplicação por profissionais da área da saúde envolvidos atendimento, tratamento e/ou reabilitação de paciente com DP, a fim de determinar a percepção destes profissionais quanto ao potencial de utilização para o fim que foi proposta.

Enfim, espera-se que os resultados obtidos contribuam com as discussões atuais e futuras em torno da temática sobre o uso da Realidade Virtual e Jogos Sérios no tratamento de pessoas com Doença de Parkinson.

### **1.4 Organização desta Dissertação**

No Capítulo 2 é realizada a fundamentação teórica do projeto englobando aspectos da Doença de Parkinson (DP), da Realidade Virtual e dos Serious Game, encontradas na literatura.

No Capítulo 3 é feita uma apresentação do estado da arte referente às principais pesquisas realizadas que combinam tratamento não farmacológico de pacientes com DP, com técnicas de RV e Jogos Sérios.

A arquitetura do sistema desenvolvido e solução proposta é apresentada no Capítulo 4, enquanto as etapas do desenvolvimento e detalhes da implementação das aplicações são apresentadas no Capítulo 5.

No Capítulo 6 são apresentados a análise e discussão dos resultados.

Por fim, o Capítulo 7 apresenta as conclusões do projeto, suas contribuições e, ainda, sugestões de possíveis trabalhos futuros consequentes da pesquisa realizada.

---

## Capítulo 2

### Fundamentação Teórica

A presente pesquisa aborda a avaliação de um jogo sério de Realidade Virtual (RV) para reabilitação de pacientes com Doença de Parkinson (DP). Dessa forma, neste capítulo é feita uma fundamentação teórica sobre estes diferentes temas.

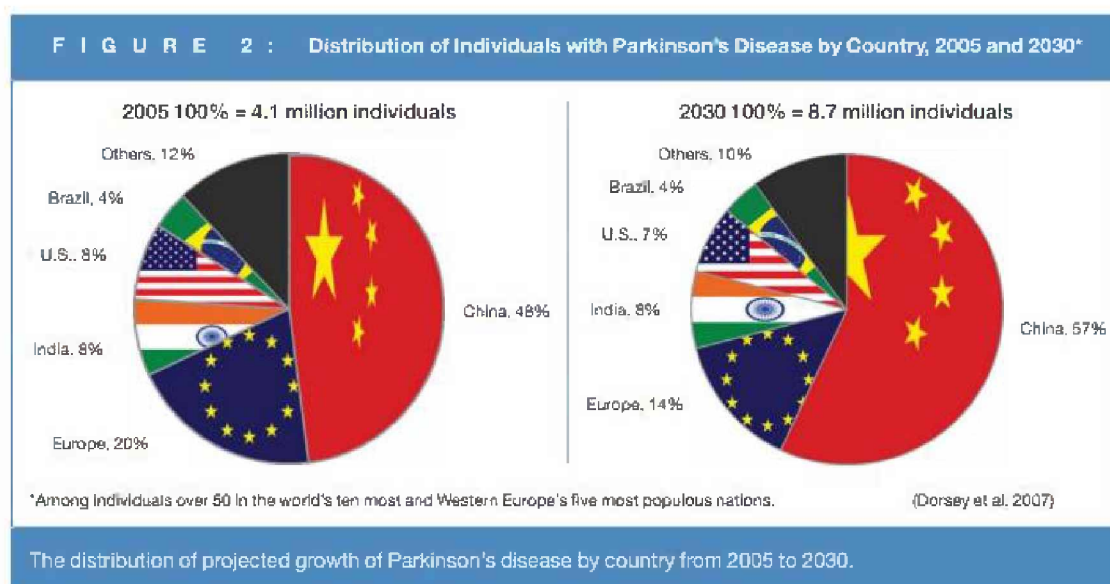
#### 2.1 A Doença de Parkinson

A Doença de Parkinson afeta, principalmente, pessoas acima de 60 anos, comprometendo a capacidade física e cognitiva desses indivíduos. Ainda não há cura para a DP. Portanto, tratar os sintomas ou retardar o avanço da doença pode ajudar a qualidade de vida das pessoas. A fisioterapia e a prática de exercícios podem auxiliar o tratamento físico, cognitivo e apoio social de pessoas com a DP.

A DP é também uma doença neurodegenerativa multissistêmica e progressiva que afeta profundamente as pessoas em seus últimos anos de vida. É a segunda doença neurodegenerativa mais comum em todo o mundo, com incidência e prevalência em aumento, estando associada às mudanças na demografia da população (PRINGSHEIM; JETTE; FROLKIS; STEEVES, 2014), como se evidencia na Figura 1. A prevalência da DP em países industrializados é, geralmente, estimada em 0,3% de toda a população e cerca de 1% em pessoas com mais de 60 anos de idade (DE LAU; BRETELER, 2006). Este fator aumenta com o avanço da idade, tanto para homens

quanto para mulheres, sem diminuição nas idades mais avançadas (DE RIJK; TZOURIO; BRETELER; DARTIGUES *et al.*, 1997). Na Europa, a prevalência entre 85 e 89 anos foi relatada em aproximadamente 3,5% da população (MOORE; CLARK; KANE, 2008).

Figura 1 - Imagem do SG Sea Hero Quest.



Fonte: (ANALYTICS, 2023)

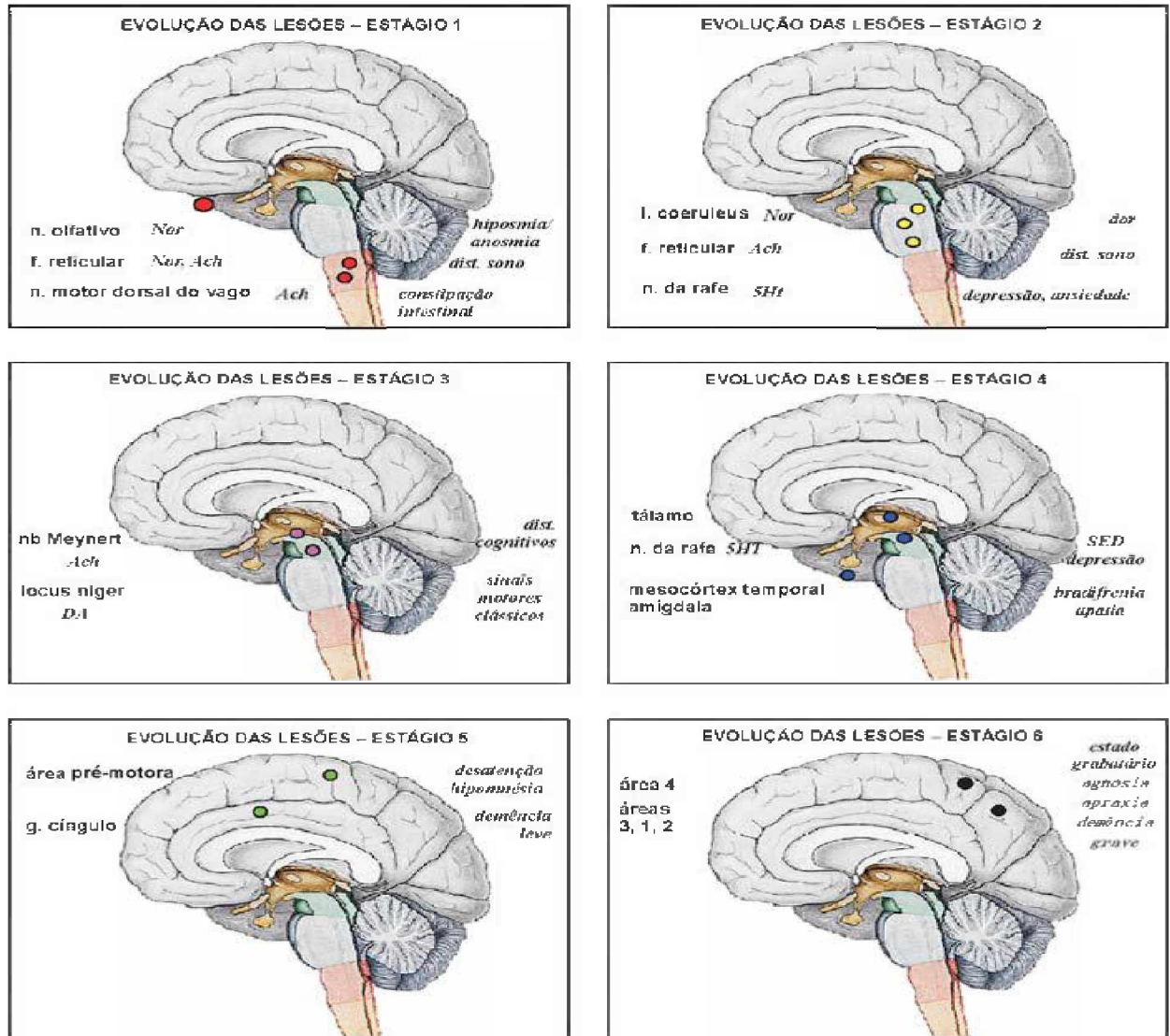
A doença tem alterações cerebrais neuropatológicas distintas. Há formação de corpos esféricos protéicos anormais chamados corpos de Lewy, neuritos de Lewy fusiformes ou filamentosos e, em parte, ramificados no corpo das células nervosas envolvidas, começando em locais de indução definidos e avançando em uma sequência topograficamente previsível dentro do sistema nervoso (BRAAK; GHEBREMEDHIN; RÜB; BRATZKE *et al.*, 2004).

Braak et al. (2003) mapearam a DP em seis estágios neuropatológicos (Figura 2). Nos estágios pré-sintomáticos da doença (estágios 1-2), os corpos de inclusão estão confinados à medula oblonga / tegmento pontino e bulbo olfatório / núcleo olfatório anterior. Com a progressão da doença, a substância negra e outros núcleos do mesencéfalo e do prosencéfalo são afetados (estágios 3-4). Foi sugerido que os sintomas clínicos da doença surgem nesta fase. No estágio final (estágio 5-6), o



processo entra no neocórtex com uma ampla variedade de manifestações clínicas (BRAAK; GHEBREMEDHIN; RÜB; BRATZKE *et al.*, 2004).

Figura 2 – Estágios neuropatológicos na DP.



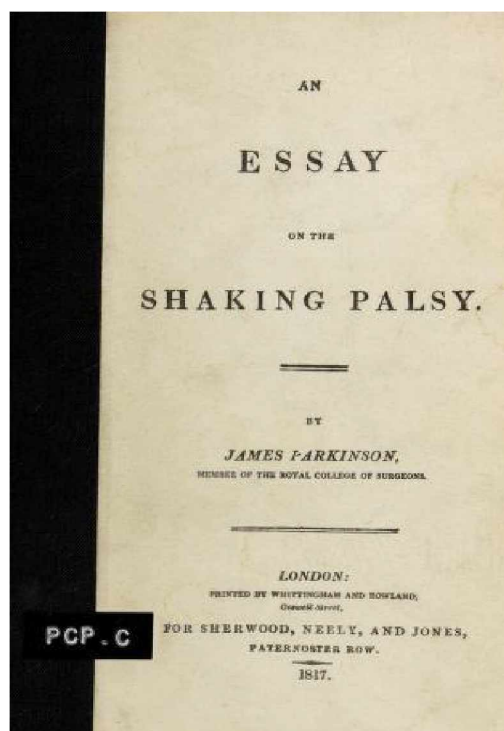
Fonte: (ROSSO; NICARETTA; MATTOS, 2008)

A degeneração de neurônios nigroestriatais dopaminérgicos com corpos de Lewy é considerada o principal correlato neuropatológico do comprometimento motor na Doença de Parkinson. Mas as células nervosas glutamatérgicas, colinérgicas, GABAérgicas, triptaminérgicas, noradrenérgicas e adrenérgicas podem apresentar danos semelhantes em seu citoesqueleto (BRAAK; BRAAK, 2000). Os sintomas clínicos da DP são, geralmente, definidos por distúrbios motores, mas podem ocorrer distúrbios em várias outras funções do sistema nervoso. Os sintomas são

classificados em motores e não motores, e alguns dos sintomas podem ser provocados ou agravados pelo tratamento dopaminérgico.

A descrição dos componentes da Doença de Parkinson pode ser encontrada em documentos muito antigos. Sylvius de la Boë escreveu sobre o tremor de repouso em 1680 e Sauvages descreveu a festinação em 1763 (GOETZ, 2011). Muito antes, textos indianos tradicionais de aproximadamente 1000 a.C e fontes chinesas antigas também fornecem descrições que sugerem a DP. Entretanto, a primeira descrição médica clara foi feita em 1817 pelo médico inglês Dr. James Parkinson (1755-1824) em um artigo denominado *An Essay on the Shaking Palsy* (Figura 3) (PARKINSON, 1817).

Figura 3 – “An Essay on the Shaking Palsy”.

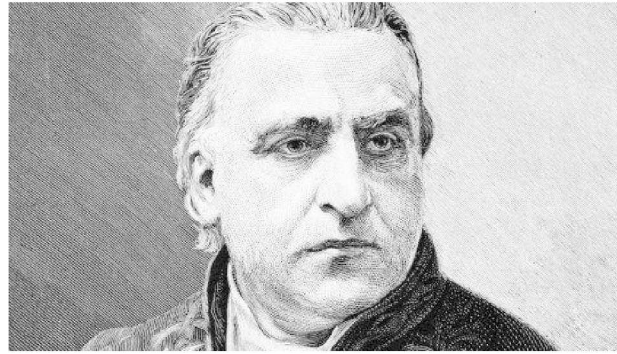


Fonte:(PARKINSON, 1817)

Cerca de 50 anos depois, o Dr Jean-Martin Charcot (Figura 4), influente médico neurologista francês, revisitou o artigo do Dr. Parkinson, colaborando no refinamento e na expansão da descrição original da patologia (Figura 5), assim como na disseminação internacional de informações a respeito. Ele separou a DP da esclerose múltipla (WALUSINSKI, 2018) e de outros distúrbios caracterizados por

tremor, e reconheceu casos que mais tarde, provavelmente, seriam classificados entre as síndromes parkinsonismo positivo (GOETZ, 2011).

Figura 4 - Dr Jean-Martin Charcot.



Fonte: (MAESTROVIRTUALE, 2023)

Figura 5 - A + B (Posturas) e C + D (Micrografia e Tremor)



Fonte: (RIZEK; KUMAR; JOG, 2016)

Embora a DP seja um distúrbio neurodegenerativo crônico para o qual existem terapias sintomáticas eficazes, nenhum tratamento que retarda significativamente

sua progressão natural foi identificado. Os estudos sobre a história natural da DP têm sido complicados por questões de precisão diagnóstica, heterogeneidade de diferentes formas da doença, bem como efeitos confusos de comorbidades relacionadas à idade. Os sintomas não motores têm grande impacto na história natural da DP. Demência, comprometimento do ciclo sono-vigília e falhas autonômicas estiveram presentes em 50–80% dos pacientes em estudos de acompanhamento de longo prazo. A presença de demência e psicose também são fatores de risco importantes à internação em instituições para idosos (POEWE, 2006).

Estudos em pacientes tratados sugerem que pode haver diferentes taxas de progressão em diferentes fases da doença. Entretanto, medir a progressão dos sintomas motores por si só é insuficiente para descrever a história natural da DP e também pode ser inadequado para definir a modificação clinicamente significativa da doença. Um pré-requisito para intervenções eficazes que modificariam a progressão da doença é a identificação dos primeiros estágios pré-clínicos. Isso agora se tornou uma possibilidade com testes de triagem da função olfatória e subsequente imagem funcional. Indivíduos em risco de DP devem ser o foco futuro de estudos neuroprotetores (POEWE, 2006).

A terapia sintomática da DP com estratégias de reposição de dopamina, incluindo L-Dopa ou agonistas dopaminérgicos, está associada à melhora acentuada dos sintomas motores, permitindo que os pacientes busquem atividades diárias para manter a qualidade de vida. Entretanto, tal tratamento não altera significativamente a progressão da degeneração neuronal subjacente nesta doença. Embora altamente eficaz na redução dos sintomas motores, o tratamento com L-Dopa induz movimentos involuntários desagradáveis e potencialmente incapacitantes em 30% - 50% dos pacientes após 2 a 5 anos de tratamento (POEWE; GERSTENBRAND, 1986; SCHRAG; JAHANSHAHI; QUINN, 2000). Complicações motoras relacionadas com L-Dopa têm grande impacto negativo na progressão de deficiência na DP. Além disso, a progressão da DP está associada à piora da resposta motora ao uso da L-Dopa, incluindo os distúrbios da marcha e do equilíbrio, a disartria e a disfagia. Após 10 ou mais anos de evolução da doença, a maioria dos pacientes também

desenvolvem sintomas não motores para os quais não existem tratamentos eficazes (GOETZ, 2011; MÜLLER; WENNING; VERNY; MCKEE *et al.*, 2001).

Estudos genéticos em portadores da DP sugerem a presença de entidades etiologicamente diversas com histórias naturais potencialmente diferentes. Pacientes com DP de início precoce carregando a mutação *Parkin* (mutações recessivas autossômicas no gene PARK2), por exemplo, apresentaram um tipo de DP que progride muito lentamente (HOEHN; YAHR, 1967). A progressão da deficiência motora é provavelmente não linear em DP com declínios mais acentuados nos primeiros anos da doença (FEARNLEY; LEES, 1991).

Os sintomas/sinais clínicos da DP são, geralmente, definidos por distúrbios motores, mas podem ocorrer distúrbios em várias outras funções do sistema nervoso. Estima-se que a taxa de morte dos neurônios dopaminérgicos da substância nigra situa-se ao redor de 10% ao ano (MORRISH; RAKSHI; BAILEY; SAWLE *et al.*, 1998) e que até 80% das células dopaminérgicas são perdidas antes que as características motoras cardinais da DP comecem a aparecer (CHUNG; ZHANG; LIM; TANAKA *et al.*, 2001). A doença geralmente é diagnosticada pelos primeiros sintomas motores. O diagnóstico é baseado nos critérios clínicos do Banco de Cérebro da Sociedade da Doença de Parkinson do Reino Unido (HUGHES; DANIEL; KILFORD; LEES, 1992), divididos em três etapas listadas a seguir.

### **Etapa 1: Diagnóstico da síndrome Parkinsoniana**

Bradicinesia (lentidão de início do movimento voluntário com redução progressiva da velocidade e amplitude da ação repetitiva) mais, pelo menos, um dos seguintes elementos:

- Rigidez muscular;
- Tremor de repouso 4-6 Hz;
- Instabilidade postural não causada por disfunção visual primária, vestibular, cerebelar ou proprioceptiva.

**Etapa 2: Critérios de exclusão para a Doença de Parkinson**

- História de derrames repetidos com progressão gradual das características parkinsonianas;
- História de traumatismo cranioencefálico repetido;
- História de encefalite;
- Crises oculóginas;
- Tratamento neuroléptico no início dos sintomas;
- Mais de um parente afetado;
- Remissão sustentada;
- Características estritamente unilaterais após 3 anos;
- Paralisia supra nuclear do olhar;
- Sinais de acometimento cerebelar;
- Sinais precoces de acometimento autonômico severo;
- Demência grave precoce com distúrbios de memória, linguagem e práxis;
- Sinal de Babinski;
- Presença de tumor cerebral ou hidrocefalia comunicante na tomografia computadorizada;
- Resposta negativa a grandes doses de levodopa (se a má absorção for excluída);
- Exposição ao MPTP (1-metil-4-fenil-1,2,3,6-tetraidropiridina).

**Etapa 3:** critérios positivos prospectivos de suporte para a Doença de Parkinson (três ou mais necessários para o diagnóstico de doença de Parkinson definida)

- Início Unilateral;
- Presença do Tremor de Repouso;
- Caráter progressivo;
- Assimetria persistente, afetando mais o lado de início;
- Excelente resposta (70-100%) à levodopa;
- Coreia grave induzida por levodopa;
- Resposta à levodopa por 5 anos ou mais;
- Curso clínico de 10 anos ou mais.

Embora a DP seja comumente considerada exemplo de distúrbio de movimento neurodegenerativo relacionado à perda progressiva de neurônios colinérgicos na substância nigra, seu espectro clínico vai muito além desse conceito simplificado. Algumas regiões extranigrais (não dopaminérgicas) do sistema nervoso podem ser afetadas significativamente mais cedo no curso da doença (Braak et al, 2003). Consistente com esta visão de evolução fisiopatológica da DP, a maioria dos pacientes após questionamento ou exame detalhado são afetados precocemente por sinais e sintomas não motores (Figura 6) relacionados abaixo (POEWE, 2006).

Sintomas Não Motores da Doença de Parkinson:

1 - Sintomas Sensoriais

Hiposmia (distúrbio do olfato)

Dor

## 2 - Disfunção Autonômica

Hipotensão Ortostática

Bexiga Neurogênica

Disfunção Erétil

Constipação

## 3 - Sintomas Neuropsiquiátricos

Anedonia

Apatia

Ansiedade

Depressão

Bradifrenia

Disfunção Executiva Frontal

Demência

Psicose

## 4 - Distúrbio do Sono

Sono Fragmentado

Redução da Eficiência do Sono

Redução do Sono de Ondas Lentas

Redução do Sono REM

Distúrbio Comportamental do Sono REM



Sonolência Diurna Excessiva

Acinesia / tremor noturno

Figura 6 -Sintomas Secundários ou Não Motores na DP.



Fonte: (TIMO, 2012)

O declínio cognitivo no curso da DP é particularmente importante para a progressão da deficiência geral do paciente. Uma meta-análise de estudos publicados sugere que cerca de 30% de todos os pacientes com DP desenvolverão demência clinicamente definida (BRAAK; DEL TREDICI; RÜB; DE VOS *et al.*, 2003). O fato de ser uma doença progressiva e que evolui para incapacidade severa após 10 a 15 anos de evolução, acarreta ônus social e econômico sobre a população idosa, com um custo mundial de tratamento medicamentoso estimado em 11 bilhões de dólares/ano (DODEL; SINGER; KÖHNE-VOLLAND; SZUCS *et al.*, 1998; SIDEROWF; LANG, 2012).

A introdução do tratamento com Levodopa na década de 1960 foi o primeiro que obteve sucesso na melhora consistente das manifestações clínicas e na redução da mortalidade, influenciando o desenvolvimento de novos medicamentos coadjuvantes. Contudo, os benefícios resultantes do tratamento não só possibilitaram o aumento da longevidade da população acometida, mas também a presença de efeitos adversos causados pelo mesmo (flutuações motoras, discinesias e complicações neuropsiquiátricas) e, no longo prazo, o surgimento de manifestações (congelamento, instabilidade postural, disfunções autonômicas e demência) que não respondem de forma adequada aos tratamentos farmacológicos disponíveis (LIM; FOX; LANG, 2009; OLANOW; STERN; SETHI, 2009).

Na medida que os anos passam, a resposta à terapêutica medicamentosa piora inexoravelmente. Nesse cenário, a recomendação do aumento da posologia medicamentosa é um caminho inevitável, porém, às custas do surgimento e/ou agravamento dos efeitos deletérios do tratamento propriamente dito. As principais drogas e grupos farmacológicos utilizados no tratamento da DP listadas no Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas para Doença de Parkinson, Portaria SAS/MS N° 228, de 10 de maio de 2010. (Republicada em 27.08.10) são:

- levodopa standard ou com formulações de liberação controlada, em associação com inibidor da enzima levodopa descarboxilase;
- agonistas dopaminérgicos;
- inibidores da monoamino oxidase B (MAO-B);
- inibidores da catecol-O-metiltransferase (COMT);
- anticolinérgicos;
- antiglutamatérgicos.

As diretrizes do ministério da saúde brasileiro (2010) recomendam que a medicação mais adequada para o tratamento da DP deve ser escolhida levando-se

---

em consideração diversos fatores como: a) estágio da doença; b) quadro sintomatológico/clínico; c) presença de efeitos colaterais; d) idade do paciente; e) medicamentos em uso; f) custo de tratamento, tendo como referência as substâncias a seguir:

a) **Levodopa + Carbidopa ou Levodopa + Benserazida:** com eficácia claramente estabelecida no controle sintomático da DP.

b) **Bromocriptina:** pode ser utilizada em monoterapia nas fases iniciais da DP, é considerada possivelmente eficaz no controle sintomático da doença, porém é menos eficaz que a levodopa. Não existem evidências suficientes para comparar sua eficácia à de outros agonistas dopaminérgicos. Não há evidência para o uso combinado com levodopa em pacientes na fase inicial da DP estáveis, sem flutuações motoras. É eficaz quando usada em pacientes com DP avançada em levodopaterapia com flutuações motoras.

c) **Pramipexol:** Em monoterapia em pacientes sem tratamento prévio, é eficaz no controle de sintomas motores nos primeiros dois anos da doença. Em pacientes com doença avançada em uso de levodopa, mostrou-se eficaz no controle das complicações motoras tipo *on-off* e reduziu a dose diária de levodopa necessária. Não deve ser utilizado como primeira escolha em indivíduos idosos ou com prejuízo cognitivo ou funcional grave. Pode ser utilizado como monoterapia em pacientes jovens com risco maior para o aparecimento de discinesias (distúrbio de movimento ou movimentos anormais) ou como medicamento associado à levodopa em pacientes com flutuações motoras, especialmente associadas com discinesia.

d) **Selegilina:** É eficaz no controle sintomático da doença quando usada em monoterapia na fase inicial da doença.

e) **Amantadina:** É possivelmente eficaz no controle sintomático da doença tanto em monoterapia quanto associada com anticolinérgicos ou levodopa, especialmente na fase inicial.

f) **Tolcapona/Entacapona:** São eficazes no controle sintomático da doença quando usados em associação com levodopa em pacientes sem ou com mínimas complicações motoras.

g) **Biperideno/ Triexifenidil:** Eficazes no controle dos sintomas iniciais em pacientes jovens, especialmente quando o tremor é a manifestação predominante.

A abordagem do tratamento não farmacológico não está contemplada no Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas para Doença de Parkinson, segundo a Portaria SAS/MS N° 228, de 10 de maio de 2010. (Republicada em 27.08.10). Entretanto, Bloem et al (2015) realizaram uma meta-análise de estudos e pesquisas publicados desde 2013, que atesta o grande interesse nestas abordagens terapêuticas e o aumento significativo da base de evidências que coloca os tratamentos não farmacológicos no repertório de opções para o paciente com DP.

Os exercícios físicos têm sido relacionados à melhora de deficiências físicas e cognitivas em pacientes com DP (TOMLINSON; PATEL; MEEK; HERD *et al.*, 2013; VAN DER KOLK; KING, 2013). Portanto, a prática sistemática de atividade física, em especial aquelas orientadas por profissionais qualificados, tem efeitos benéficos bem estabelecidos e os pacientes portadores da doença de Parkinson colhem benefícios físicos e psíquicos ao praticar atividades físicas regularmente, mesmo sabendo-se que isto não leva ao desaparecimento da enfermidade.

A atividade física retarda a progressão da rigidez muscular e da bradicinesia (KURODA; TATARA; TAKATORIGE; SHINSHO, 1992; ZESIEWICZ; HAUSER, 2001) e, segundo Shankar (2002), melhora a sensação de bem-estar, o estado funcional do paciente e, especificamente, no tratamento não farmacológico da DP as atividades de reabilitação física têm os objetivos de:

- Possibilitar a deambulação (caminhar) com segurança;
- Proporcionar autonomia na realização de atividades rotineiras;
- Auxiliar na manutenção da aptidão física, principalmente massa

muscular e força.

- Auxiliar na manutenção da aptidão cognitiva, fala e equilíbrio

emocional.

De acordo com o Grimes et. al. (2019), a recomendação formal de tratamentos não farmacológicos se deve ao fato de que terapias físicas e de exercícios multidisciplinares (reabilitação, musicoterapia ativa, treinamento em esteira, treinamento de equilíbrio e treinamento de exercício “orientado”) resulta em benefícios físicos e psíquicos. Enfatizando que a terapia continuada é necessária para manter esses benefícios. A falta de motivação é uma barreira à adesão do paciente na ausência de aulas programadas ou treinamento. Quando matriculado em programas formais, os pacientes apresentaram melhora nas Atividades da Vida Diária (AVD) e escores motores, redução da bradicinesia (medida pela Escala de Avaliação Unificada da Doença de Parkinson (*Unified Parkinson's Disease Rating Scale - UPDRS*), além de melhorar a velocidade de deambulação (medida por escores sentar-levantar-andar) e diminuição das quedas.

Dado o grande ônus financeiro e econômico ao sistema de saúde que as quedas representam e que aqueles com DP têm aumento do risco de quedas, o *guideline* afirma que o uso de terapia por exercícios em seus vários formatos melhora a segurança dos pacientes, capacidade funcional e reduziria as despesas gerais de saúde.

A Doença de Parkinson é uma condição neurológica crônica que afeta o sistema nervoso, resultando em diversos sintomas característicos descritos a seguir. A bradicinesia é um sintoma marcante, causando lentidão nos movimentos e dificuldade em iniciar ou concluir tarefas motoras. A rigidez muscular é outra manifestação comum da doença, tornando os movimentos rígidos e pouco fluídos. O equilíbrio também é prejudicado, levando a dificuldades em manter a postura e aumentando o risco de quedas. Além disso, a força muscular pode diminuir gradualmente, levando a uma sensação de fraqueza e fadiga. Esses sintomas

combinados podem ter um impacto significativo na qualidade de vida dos pacientes com Parkinson, tornando as atividades diárias desafiadoras e afetando a autonomia e independência. O tratamento envolve abordagens multidisciplinares, como medicações específicas, terapias físicas e ocupacionais, para ajudar a controlar os sintomas e melhorar a funcionalidade (KURODA; TATARA; TAKATORIGE; SHINSHO, 1992).

## **2.2 Realidade Virtual**

Esta seção apresenta uma abordagem teórica sobre a Realidade Virtual bem como algumas possibilidades de sua utilização, por meio de exemplos de aplicações. Além disso, conceitos importantes, justificativas, desafios e as principais tecnologias para uso de RV são apresentados.

O estereoscópio (Figura 7), inventado em 1838, pelo cientista Sir Charles Wheatstone, é historicamente considerado uma das primeiras tentativas de produzir Realidade Virtual (ROCHA, 2016). Trata-se de dispositivo óptico que cria uma ilusão de profundidade a partir de duas imagens bidimensionais. Ele foi projetado para imitar a forma como os olhos humanos percebem a profundidade ao visualizar o mundo tridimensional.

O estereoscópio de Wheatstone consiste em um par de imagens idênticas, chamadas de estereogramas, que são posicionadas lado a lado. Cada estereograma é visto por um olho separadamente através de um sistema de lentes ou espelhos. O dispositivo tem duas aberturas, uma para cada olho, de modo que cada olho vê apenas uma das imagens.

Ao olhar através do estereoscópio e fundir as duas imagens em uma só, o cérebro cria uma percepção tridimensional da cena. Isso ocorre porque o cérebro combina as diferenças sutis entre as duas imagens, conhecidas como disparidade binocular, para criar uma percepção de profundidade.

Essa disparidade binocular ocorre porque os olhos humanos estão separados por uma certa distância, resultando em uma ligeira diferença de ângulo entre a visão de cada olho. Essa diferença é processada pelo cérebro para criar a sensação de profundidade.

O estereoscópio de Wheatstone foi um marco importante no desenvolvimento da estereoscopia, que é o estudo da percepção de profundidade. Ele permitiu que as pessoas vissem imagens em três dimensões pela primeira vez e estabeleceu as bases para o desenvolvimento de outros dispositivos estereoscópicos ao longo dos anos, como os View-Masters e os óculos 3D modernos.

Figura 7 – Estereoscópio de Wheatstone.



Fonte: (ESTEREOSCOPIO, 2021)

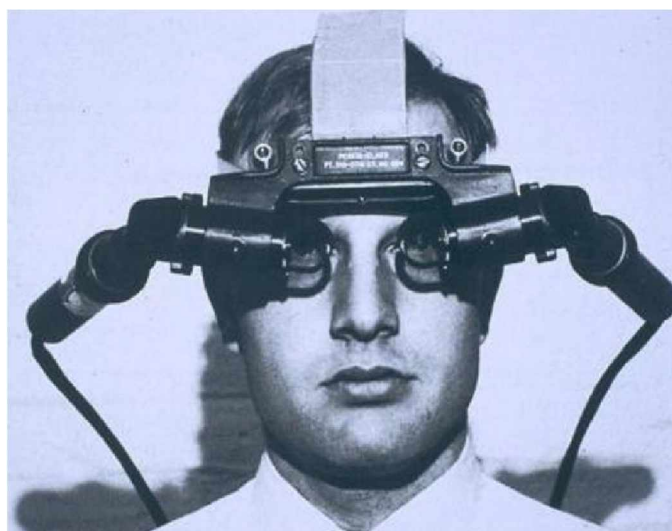
Em 1956, Morton Heilig, iniciou a construção do Sensorama (Figura 8), uma máquina que permitia ao usuário fazer um passeio pré-gravado de motocicleta por Manhattan. O usuário podia ver o trajeto, através da projeção de um filme, e sentir sensações sincronizadas com o passeio, como: sons, aromas, vibrações e vento (KIRNER; SISCOOTTO, 2011). O equipamento também foi projetado para exibir outros tipos de atrações: a) passeio de carro em dunas de areia; b) voo de helicóptero e c) simulação que envolvia a companhia de uma mulher durante um passeio de bicicleta, seguido por um jogo na praia e, por fim, uma dança do ventre da modelo. Ao final do ato de dança o equipamento deveria expelir o aroma de um perfume feminino (ROCHA, 2016).

Figura 8 - Sensorama.



Fonte: (PEREIRA; NOGUEIRA, 2021)

Em 1963, Ivan Sutherland apresentou sua tese de doutorado no MIT com o título *Sketchpad, a Man-Machine Graphical Communication System* (Sketchpad, um sistema de comunicação gráfica homem-máquina) na qual usou, pela primeira vez, computação gráfica interativa. Anos depois desenvolveu e construiu, ainda que de forma rudimentar, o que se conhece como sistema *Head-mounted display* (HMD) (Figura 9) de Realidade Virtual e Realidade Aumentada (KIRNER; SISCOOTTO, 2011).

Figura 9 - *Head-mounted display* (HMD) de I. Sutherland.

Fonte: (RV, 2022)



Em 1982, Thomas Furness apresentou o "*Visually Coupled Airborne Systems Simulator*" (Simulador de sistemas aerotransportados visualmente acoplados) (Figura 10), sistema de simulação baseado em Realidade Virtual para treinamento de pilotos.

Figura 10 – *Visually Coupled Airborne Systems Simulator (VCASS)*.



Fonte: (RV, 2022)

Apesar de Ivan Sutherland (1963) ter estabelecido a maior parte dos termos-chaves à definição de Realidade Virtual: representações virtuais geradas por computador, interação em tempo real e dispositivos especiais, o termo Realidade Virtual foi cunhado apenas em 1989, pelo cientista de computação Jaron Lanier, enquanto o termo Realidade Aumentada foi elaborado em 1990 pelo Prof. Thomas Caudell (KIRNER; SISCOOTTO, 2011).

O termo Realidade Virtual é bastante abrangente. Acadêmicos, desenvolvedores de software e pesquisadores tendem a defini-lo com base em suas próprias experiências, gerando diversas definições na Literatura (VALERIO NETTO; MACHADO; OLIVEIRA, 2002). Entretanto, para qualquer definição há que se levar em conta os seguintes elementos: geração a partir de um sistema computacional (*Hardware* e *Software*), interação em tempo real (performance) e utilização de dispositivos/ambientes especiais (interfaces). As variações nestes três componentes é que determinam o grau de imersão ou interação do usuário. Como afirma Bishop (1992), um sistema de Realidade Virtual demanda pesquisa e insumos referentes a

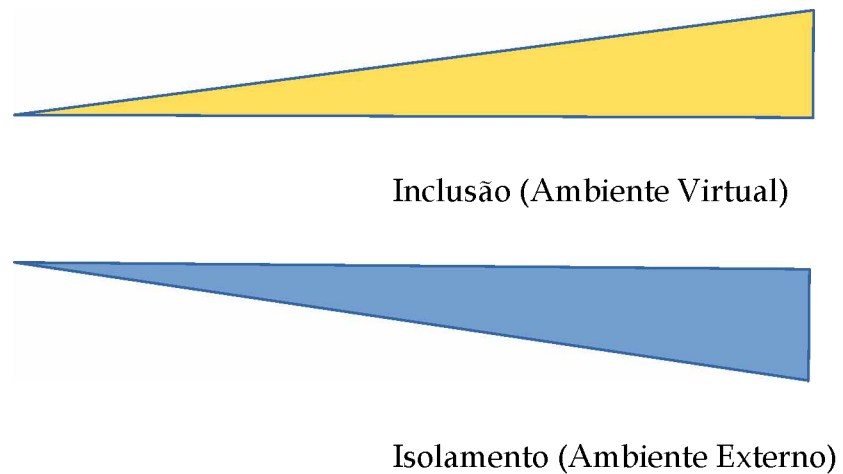
percepção sensorial, hardware, software, interface com o usuário, fatores humanos e aplicações.

A título de ilustração, apresenta-se a definição de Realidade Virtual proposta por (BURDEA, 2003), na qual Realidade Virtual é uma técnica avançada de interface computacional que permite ao usuário realizar imersão, navegação e interação em um ambiente sintético tridimensional gerado por computador, utilizando canais multissensoriais. Para (CARDOSO; KIRNER; LAMOUNIER, 2007), a Realidade Virtual é uma técnica computacional capaz de oferecer ao usuário um ambiente artificial no qual ele pode interagir, modificar e navegar de forma intuitiva e natural. Posteriormente, Kirner (2011) postulou que Realidade Virtual e Realidade Aumentada representam técnicas de interface computacional que têm em perspectiva o espaço tridimensional, no qual o usuário interage multidimensionalmente através dos sentidos, principalmente visão, audição, tato e onde outras tecnologias, eventualmente disponíveis, possibilitam percepção olfativa e gustativa.

Os benefícios da utilização de Realidade Virtual e Aumentada para aplicações nos diversos campos do conhecimento científico são inquestionáveis. Cardoso, Lamounier et. al. (2016) enumeraram dez desses benefícios para a área de Engenharia, mas extensíveis a outras áreas do conhecimento: 1) o caráter motivacional da experiência em primeira pessoa; 2) o maior potencial de apresentar características e processos em comparação com outros meios multimídia; 3) a possibilidade de observar objetos em diversos níveis de magnitude; 4) possibilita a realização de experimentos virtuais, com fins educativos ou não; 5) permite refazer experimentos de forma atemporal; 6) a necessidade de interação torna o usuário um elemento ativo no processo; 7) estimula a criatividade em relação o experimento, potencializando o resultado final; 8) oferece isonomia de comunicação às diferentes áreas da engenharia; 9) ensina habilidades computacionais e de domínio de periféricos; 10) torna seguro o ambiente de treinamento, em relação a potenciais acidentes no ambiente de treinamento real.

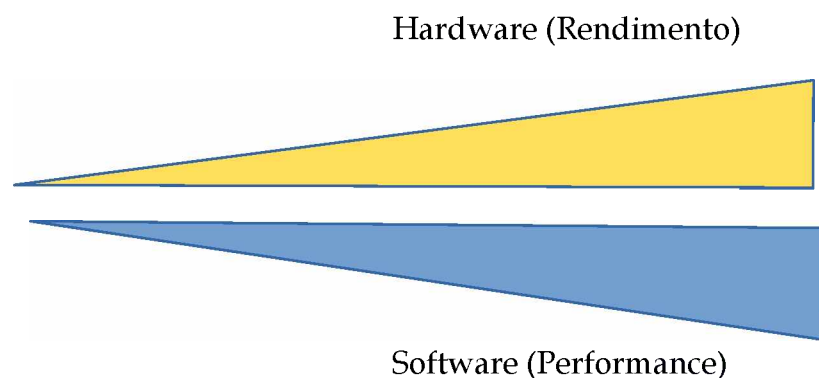
Para Rodrigues e Porto (2013), a Realidade Virtual possui três aspectos fundamentais: imersão, interação e envolvimento. A imersão (Figura 11) diz respeito a possibilidade de proporcionar ao usuário a percepção de estar incluído no ambiente/espaço virtual e isolado do ambiente externo, não como mero observador, mas possibilitando exploração e manipulação natural do ambiente virtual. Assim, quanto mais imerso (ou incluso) no ambiente virtual, maior será o isolamento do usuário do ambiente externo.

Figura 11 - Componentes da Imersão.



A interação (Figura 12) implica na capacidade computacional (Hardware + Software) em detectar e responder em tempo real às ações que o usuário exerce sobre o ambiente virtual e parece ter relação direta com o grau de satisfação do usuário (RODRIGUES; PORTO, 2013).

Figura 12 - Componentes da Interação.



O envolvimento (Figura 13), por sua vez, é diretamente proporcional ao grau de estimulação para motivação/adesão a determinada atividade e inversamente proporcional às limitações físicas e cognitivas do usuário. O envolvimento, está relacionado a vários fatores a seguir. Primeiro, o nível de envolvimento de alguém em uma atividade é influenciado pela estimulação que a atividade oferece e pela motivação que ela gera. Quanto mais uma atividade estimula e motiva alguém, mais envolvida a pessoa estará nessa atividade. Isso significa que atividades interessantes e desafiadoras tendem a atrair maior envolvimento. Por outro lado, o envolvimento é afetado pelas limitações físicas e cognitivas do indivíduo. Se alguém enfrentar obstáculos físicos, como problemas de mobilidade, ou barreiras cognitivas, como dificuldades de compreensão, seu envolvimento em uma atividade pode diminuir. Em resumo, quanto mais limitações uma pessoa tiver, menos envolvida ela provavelmente estará na atividade.

O envolvimento pode ser ativo ou interativo (participar de um jogo, participar de uma cirurgia virtual) e passivo ou não interativo (ler um livro ou assistir filme) (Figura 14) (RODRIGUES; PORTO, 2013). O envolvimento ativo ocorre quando alguém participa diretamente de uma atividade, como jogar um jogo ou estar envolvido em uma cirurgia virtual, onde há interação direta com a ação. Em contraste, o envolvimento passivo acontece quando alguém está absorvendo informações ou entretenimento, mas não está ativamente envolvido na ação, como ler um livro ou assistir a um filme. Em suma, o nível de envolvimento das pessoas em atividades está relacionado à sua motivação, às barreiras que enfrentam devido a limitações físicas ou cognitivas e ao tipo de atividade em si, se ela é ativa ou passiva. Atividades envolventes e motivadoras tendem a atrair mais participação, enquanto limitações e atividades passivas podem diminuir o envolvimento das pessoas.

Figura 13 - Componentes do grau de envolvimento.

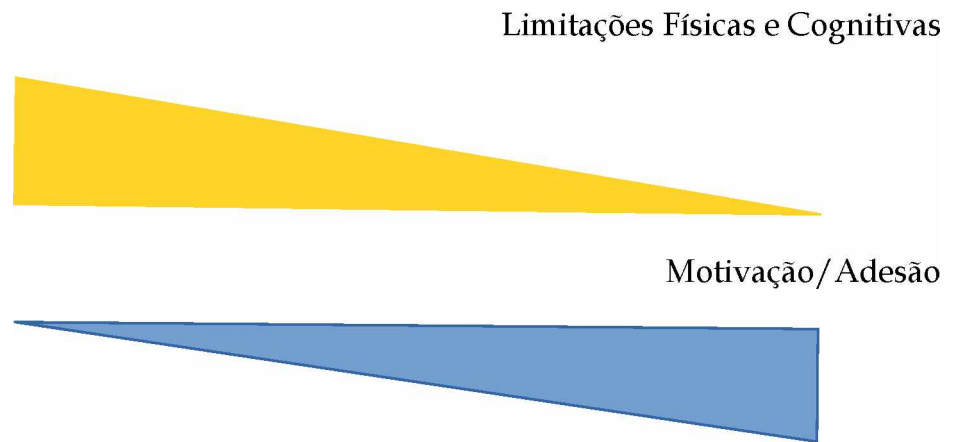
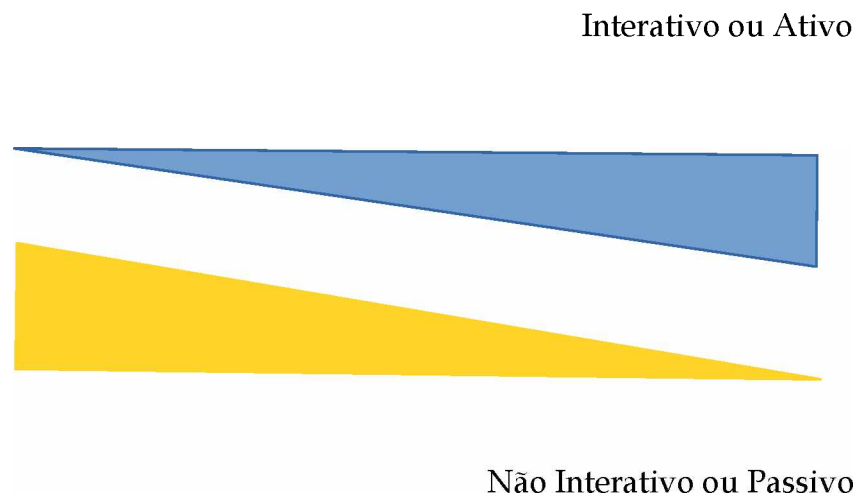


Figura 14 -Tipo de Envolvimento.



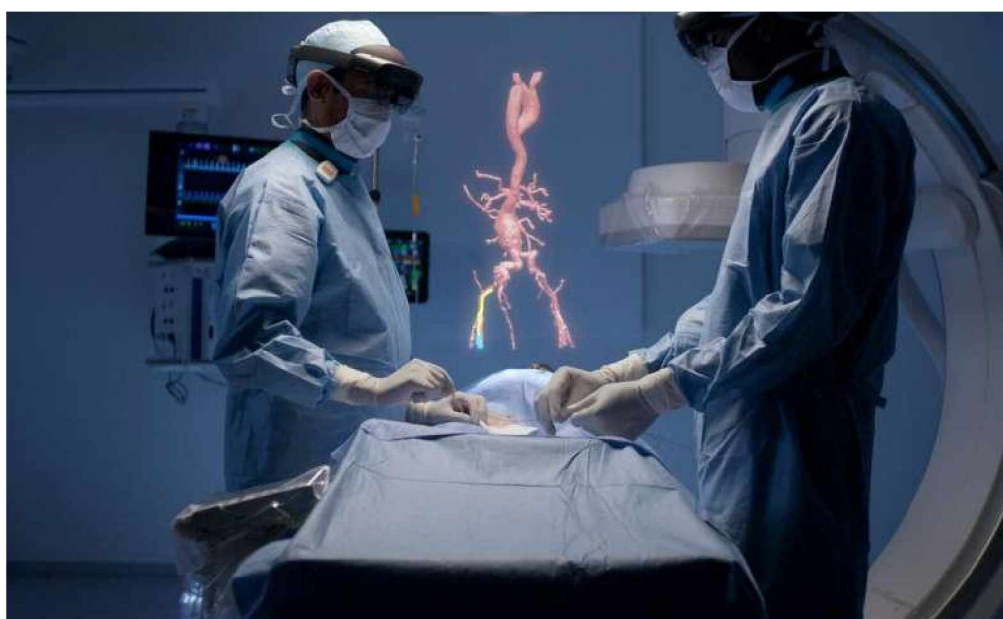
A área da Saúde tem se beneficiado sobremaneira com aplicações em Realidade Virtual (Figura 15) e Realidade Aumentada (Figura 16). Associado a este fato, a computação está evoluindo a partir da necessidade de atender requisitos que demandam desenvolvimento ou adaptação de algoritmos, com impacto significativos na redução de custos à aquisição e manutenção de insumos e equipamentos físicos (NUNES; RADICCHI; BOTEGA, 2011).

Figura 15 – Realidade Virtual na Saúde.



Fonte: (RVD, 2022)

Figura 16 – Realidade Aumentada na Saúde.



Fonte: (LINE, 2021)

Nunes et al. (2018) afirmam que os tipos de aplicações em Realidade Virtual e Realidade Aumentada na área da Saúde são variados e não existe consenso na literatura que estabeleça uma categorização única e, ainda, propõe que as mesmas sejam feitas por finalidade (treinamento, simulação, visualização interativa), tipo de abordagem utilizada na construção do ambiente virtual (realística, como na

simulação de procedimentos e lúdica, como nos jogos educacionais) e considerando o nível de imersão, assim como os dispositivos utilizados (imersivos, semi-imersivos e não-imersivos).

A utilização da Realidade Virtual em simuladores para treinamento de profissionais da Saúde (Figura 17) viabiliza o aprendizado e o ganho de experiência na execução de atividades e/ou procedimentos, na medida que o aprendiz é exposto a condições controladas, passíveis de avaliações, eventuais correções e adequações necessárias. Caso específico da educação médica, torna possível uniformizar o aprendizado ao expor estudantes de medicina e residentes a uma plêiade planejada de situações. Nessa linha, a experiência obtida no simulador virtual otimizaria o desempenho em simuladores físicos e diante do paciente propriamente dito.

Para (NUNES; RADICCHI; BOTEAGA, 2011), dentre as vantagens proporcionadas pelo treinamento virtual na área de Saúde, destacam-se: redução de riscos a pacientes (KIRNER; SISCOOTTO, 2011) possibilidade de repetir o procedimento sem desgaste de material, aumento na segurança do aprendiz para realização do procedimento (DR. FABIANO DE ABREU AGRELA, 2022), diminuição de custos (KIRNER; KIRNER, 2008), além de favorecer a avaliação de forma automatizada (VIEIRA; ARAUJO; LEITE; ORSINI *et al.*, 2014).

Figura 17 – Simulador Cirúrgico em RV.



Fonte: (PRODUCTS, 2023)

Nunes et. al. (2011) afirmam que a maior parte das aplicações de treinamento virtual na área de Saúde possuem características específicas, que vão além daquelas exigidas em outras áreas de aplicação. A utilização de dispositivos não convencionais pode ser uma dificuldade na adoção de soluções em RV, pois o custo destes dispositivos pode ser um impeditivo na sua adoção, bem como a necessidade de treinamento do público-alvo pode ser necessária. Com o passar do tempo, porém, existe uma tendência a diminuição de cursos.

Nunes et al. (2020) destacam a importância de observar que ainda há limitações tecnológicas quanto aos movimentos que podem ser realizados e quanto às respostas sensoriais que estes dispositivos podem fornecer ao usuário. Diante disso, propõe os seguintes parâmetros a serem considerados no desenvolvimento de aplicações em Realidade Virtual (ou Realidade Aumentada) (HERPICH; NUNES; DE LIMA; R. TAROUCO, 2020):

- Realismo dos objetos tridimensionais – o usuário deve ter a maior percepção possível de realismo com relação aos objetos. Nesse sentido a modelagem deve ser fiel aos objetos reais (Exemplos: cores, volumes, texturas, atividades e comportamentos).

- Correlação espacial entre objetos físicos e virtuais – as proporções de tamanho e localização de objetos no ambiente virtual devem obedecer às características percebidas em situações reais. Assim, o efeito do treinamento pode ser mais efetivo em relação à aquisição de conhecimento e habilidades.

- Realismo da interação (Figura 18) – as ações no ambiente virtual devem considerar o comportamento físico dos objetos e pessoas correspondentes ao mundo real. Para que o treinamento atinja seu objetivo, situações de exceção devem ser previstas, tais como a reação diversificada de pacientes e o comportamento de objetos que representam, por exemplo, órgãos humanos. Esta interação realista exige, na maior parte dos casos, o emprego de dispositivos ainda considerados não convencionais, como luva de dados, dispositivos com retorno háptico e óculos que favoreçam a visão estereoscópica.



Figura 18 - Realismo da Interação.



Fonte: (FUTURE, 2023)

- Ergonomia dos dispositivos - a modelagem de objetos e a inclusão de dispositivos não convencionais devem considerar a usabilidade da aplicação. Usabilidade no contexto de treinamento virtual em Saúde diz respeito a tornar as tarefas executadas no Ambiente Virtual (AV) tridimensional (3D) o mais próximas possíveis daquelas executadas no ambiente real. Uma dificuldade neste sentido é que poucos dispositivos de interação são desenvolvidos com esta finalidade. Assim, o desenvolvimento de aplicações deve prever a adequação desses dispositivos visando a atingir um nível de ergonomia adequado ao treinamento.

- Precisão dos algoritmos - na simulação de procedimentos dentro do contexto de treinamento é importante que a aplicação responda em tempo real e com comportamento similar às reações reais. Esta característica diz respeito, principalmente, à simulação de tecidos que compõem órgãos humanos e dispositivos utilizados para manipulá-los virtualmente. Algoritmos de detecção de colisão, manipulação de malhas para simular deformação de tecidos, simulação de cortes, dentre outros, devem ser estudados e adequados para propiciar precisão e realismo em tempo real.

Na opinião de Gorbanev et al. (2018) o repertório de estratégias computacionais para educação médica foi amplificado com a introdução de aplicativos *e-learning*, aprendizagem baseada em jogos, gamificação e aprendizagem móvel, ou seja, grande variedade de jogos pode ser utilizada na educação médica.

---

Nesse cenário, vamos de encontro aos *Serious Games* (SG) utilizados como ferramentas de caráter pedagógico e/ou terapêutico, que possuem uma ou mais metas desafiadoras, divertidas de jogar, com conceito de pontuação e transmite ao usuário uma habilidade, conhecimento ou atitude que pode ser aplicada no mundo real (BERGERON, 2006).

### 2.3 Serious Game (Jogos Sérios)

Jogos computacionais não relacionados ao entretenimento (conhecidos como *Serious Games*), em especial aqueles baseados em ferramentas de Realidade Virtual (RV), têm sido utilizados em diversas áreas da atividade humana e suas aplicações se estendem a múltiplos campos da exploração científica, em especial na área da Saúde, constituindo ferramentas imersivas e/ou interativas úteis à investigação e ao tratamento de patologias como Autismo, Acidentes Vasculares Cerebrais (AVC) e quadros demenciais (MACHADO; MORAES; NUNES; DA COSTA, 2011).

A maioria dos autores atribui o surgimento da expressão *Serious Games* (SG) a Clark C. Abt, por meio da publicação de um livro com o mesmo nome em 1970, ou mesmo à Ben Sawyer (cofundador da “*Digitalmill*”, pioneiro em grandes iniciativas no campo de jogos sérios). Entretanto, recuando ainda mais na linha do tempo, encontramos os chamados “*jogos não digitais de propósito*”, cujo conceito remonta à obra de Platão. Alguns desses jogos já serviam a um propósito “sério”, como por exemplo, Mancala (um jogo projetado por volta de 1400 aC) que foi usado como uma ferramenta de contabilidade para o comércio de animais e alimentos (LAAMARTI; EID; EL SADDIK, 2014). Portanto, pode-se dizer que *Serious Games* é uma manifestação contemporânea de teorias e práticas seculares (WILKINSON, 2016).

Bedwell (2012) postulou nove características para os *serious games*: 1) uma linguagem de ação (um jogo oferece algum método de comunicação entre o jogador e o jogo); 2) avaliação (rastrea o número de respostas); 3) promover conflito ou desafio; 4) possibilitar controle, ou a capacidade dos jogadores de alterar o jogo; 5) meio ambiente adequado à finalidade do jogo; 6) Possuir uma base ficcional (missão ou

estória); 7) permitir interação humana entre jogadores; 8) propiciar imersão no jogo; 9) as regras e objetivos do jogo são fornecidos de forma clara ao jogador.

A utilização de SG para reabilitação motora foi amplamente investigada em uma série de estudos que avaliaram o uso de videogames e RV para a reabilitação de pessoas com deficiência motora que sofrem de uma ampla gama de doenças. De acordo com a revisão de Holden (2005), o treinamento em RV tem uma série de vantagens sobre a reabilitação física convencional. A mesma revisão estabelece que pacientes com deficiências são capazes de adquirir habilidades motoras no ambiente virtual e que as tarefas motoras realizadas no ambiente virtual podem ser transferidas para o mundo real na maioria dos casos, quando comparado com a reabilitação convencional.

No que diz respeito a aspectos éticos ligados aos SG, (NAGLE; NOVAK; WOLF; RIENER, 2014) afirmam que o estudo sistemático das consequências econômico-sociais relacionados à utilização dos SG para o tratamento não farmacológico de doenças e suas implicações éticas é um assunto muito novo, em especial àquelas no espectro das patologias que acometem o sistema nervoso, e propõe um diálogo estruturado entre as diferentes partes interessadas: profissionais da área da Saúde (médicos e paramédicos), profissionais da área de computação (Engenheiros de Computação e Designers de SG), profissionais ligados ao domínio dos negócios (Inovação e Marketing) e pacientes e seus cuidadores, na busca do equilíbrio ético (Figura 19).

Figura 19 - Equilíbrio Ético



Fonte: (IBCCOACHING, 2023)

Os profissionais devem considerar criteriosamente a questão ética na medida que o uso de SG se faz em pessoas portadoras de patologias que as fragilizam e, ainda, no fato de que, eventualmente, a imersão em ambientes virtuais pode implicar em mais problemas do que benefícios. Finalmente, a possibilidade de exposição de informações pessoais privadas em domínios de SG em ambiente web é uma questão a ser abordada cuidadosamente (NAGLE; NOVAK; WOLF; RIENER, 2014).

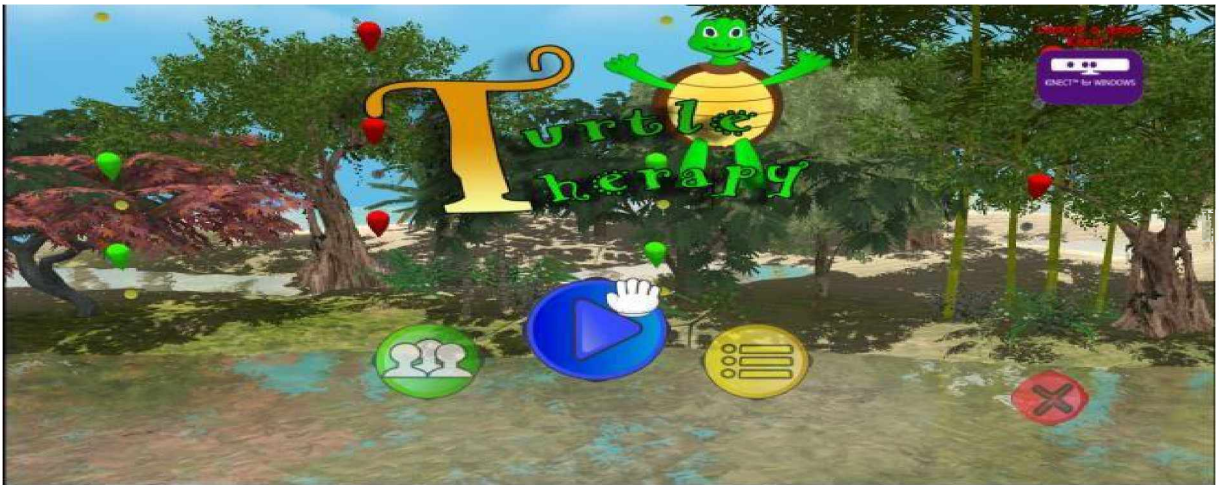
A utilização de SG, como o ACA (Aprendendo com Comunicação Alternativa) (Figura 20), para tratamento do autismo é uma importante e valiosa técnica de aprendizagem, ou seja, não são apenas para fins de entretenimento, mas ajudam crianças acometidas a melhorar a capacidade de aprendizagem e as interações sociais (AYED; GHAZEL; JAUME-I-CAPÓ; MOYÀ ALCOVER *et al.*, 2019). Indo além, o tratamento de pacientes acometidos por acidentes vasculares encefálicos (AVE), como no caso do SG *Turtle Therapy* (Figura 21), se beneficiam funcional e psicologicamente com a utilização dos mesmos como ferramentas de reabilitação motora e cognitiva (MA; BECHKOUM, 2008).

Figura 20 - Imagem do SG ACA.



Fonte: (GOBBO; BARBOSA; MAFORT; MIONI, 2018)

Figura 21 - Imagem do SG Turtle Therapy



Fonte: (BASTOS; SANTOS; FELIX, 2017)

No que diz respeito ao Transtorno de Déficit da Atenção e Hiperatividade (TDAH), Monteiro e Adamatti (2020) afirmam que os resultados dos estudos relativos à aplicação de SG, como o *Amazing Alex* (Figura 22), tem grande potencial e que essa tecnologia é, simultaneamente, um instrumento de acompanhamento e engajamento, como método confiável e acessível ao aperfeiçoamento cognitivo, sendo uma grande aliada para o desenvolvimento social e acadêmico de indivíduos com TDAH.

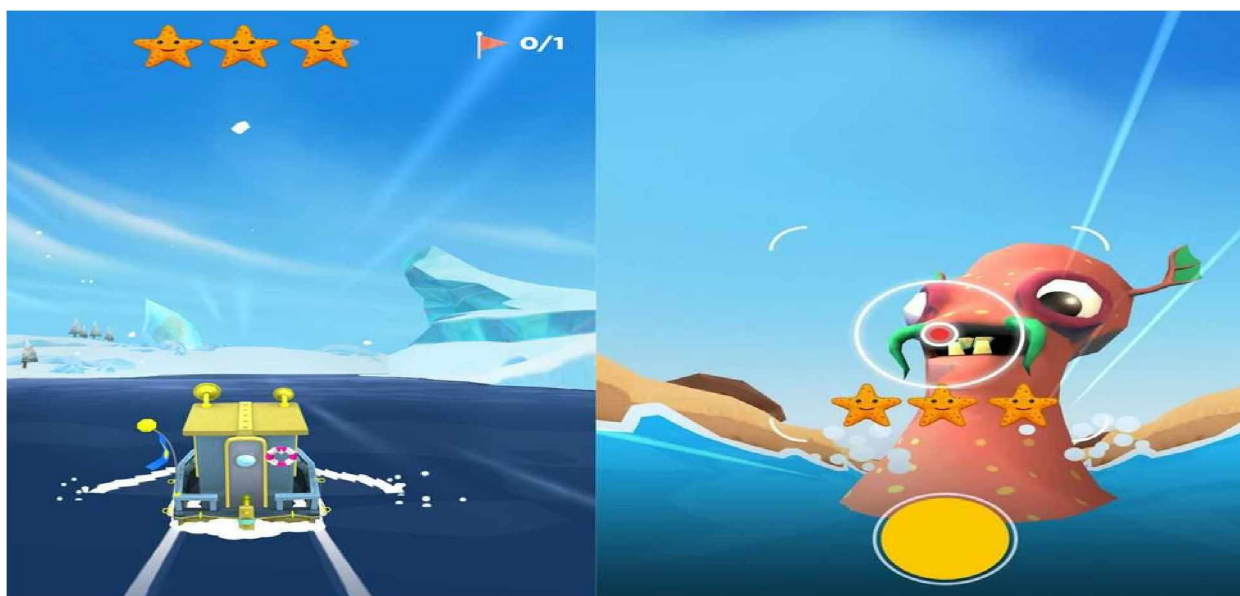
Figura 22 - Imagem do SG Amazing Alex.



Fonte: (GAME, 2023)

A percepção de importância à utilização de SG na doença de Alzheimer, como *Sea Hero Quest* (Figura 23), tem crescido. Entretanto, a efetividade dos benefícios ainda não foi devidamente demonstrada em função de inadequada adaptação dos mesmos (DIETLEIN; BOCK, 2019). Estes autores propõe os seguintes critérios para o desenvolvimento de SG destinados a esses pacientes (adequados ao grau de acometimento): utilização de ícones ou símbolos contrastantes; perspectiva de jogo em primeira pessoa; controle de gestos; jogo com conteúdo personalizado; combinação uma habilidade cognitiva e uma motora de cada vez; implementar o jogo de forma supervisionada.

Figura 23 – Imagem do SG *Sea Hero Quest*.



Fonte: (SEA, 2023)

## 2.4 Considerações finais

Este capítulo visou um melhor entendimento da Doença de Parkinson, da Realidade Virtual e dos *Serious Games*. Pode-se observar que a Realidade Virtual está cada vez mais presente na vida das pessoas e é uma tecnologia, associada aos *Serious Games*, capaz de contribuir no desenvolvimento de diversas aplicações em várias áreas, tais como, reabilitação, geolocalização, jogos, aprendizagem móvel, Educação, Medicina, entre outros. No próximo capítulo serão apresentados os trabalhos relacionados a esta pesquisa.

# Capítulo 3

## Trabalhos Relacionados

Este capítulo propõe-se a apresentar artigos relacionados ao uso de *serious game*, associados à técnicas de Realidade Virtual para pacientes com Doença de Parkinson. Buscou-se identificar e analisar estudos relevantes que abordam o uso de jogos com RV como abordagem terapêutica complementar para pacientes com DP, resultando em uma visão abrangente e atualizada do assunto, explorando os potenciais benefícios, os desafios e ainda as considerações clínicas associadas às diferentes abordagens.

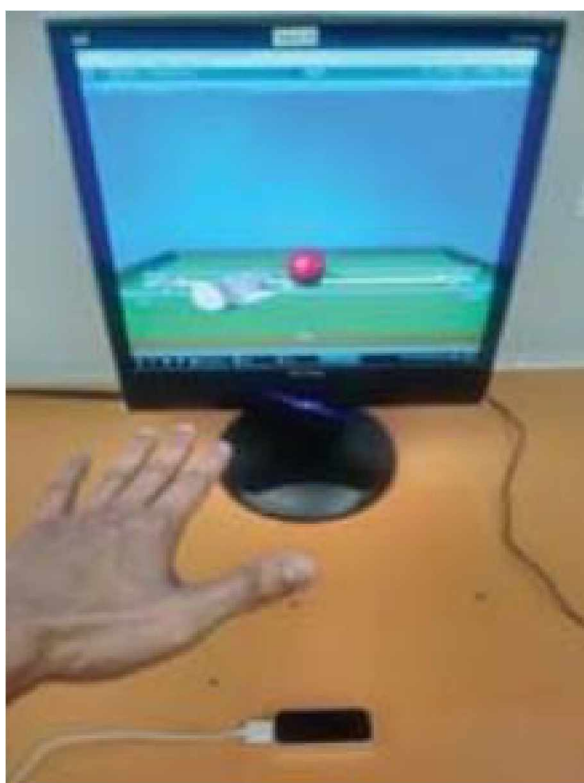
Para tanto, procurou-se apresentar a abordagem adotada pelos autores em cada trabalho, visando destacar as vantagens e desvantagens de cada um deles. O objetivo deste trabalho de revisão foi o de justificar a necessidade de se incorporar novas características em relação aos sistemas atuais, a fim de expandir os benefícios destes trabalhos no tratamento não-farmacológico da Doença de Parkinson.

## 3.1 Trabalhos Relacionados a Jogos com Realidade Virtual para Pacientes com Doença de Parkinson

### 3.1.1 Lugo

O trabalho Lugo (2017) aproveita a interação com a mão livre como ferramenta médica, que permite a avaliação de pacientes com Parkinson. Os autores criaram uma cena de Realidade Virtual para proporcionar uma atividade que pode ser encontrada na vida diária e usar o controlador *Leap Motion* para avaliar e classificar o tremor nas mãos. A Figura 24 mostra um usuário realizando a tarefa de mover uma esfera com as mãos.

Figura 24 -Usuário realizando tarefa de mover a esfera.



Fonte: (LUGO; BA; CHENG; IBARRA-MANZANO, 2017)

O trabalho em questão utiliza o controlador *Leap Motion* como uma ferramenta para avaliar e classificar o tremor nas mãos. O controlador *Leap Motion* é um dispositivo de detecção de movimento que utiliza câmeras e sensores para capturar os movimentos das mãos e dos dedos em tempo real.



O estudo propõe a utilização do *Leap Motion* como uma alternativa não invasiva e de baixo custo para avaliar o tremor nas mãos em pacientes com doenças neurológicas, como a Doença de Parkinson. O objetivo principal é oferecer uma abordagem objetiva e quantitativa para medir a gravidade do tremor e acompanhar a progressão da doença ao longo do tempo.

Entre as vantagens dessa abordagem, destaca-se a simplicidade e a praticidade do uso do controlador *Leap Motion*, que permite uma avaliação remota e não requer procedimentos invasivos. Além disso, o sistema é capaz de fornecer medições precisas e detalhadas do tremor, permitindo uma avaliação mais objetiva em comparação com métodos tradicionais, como a observação clínica subjetiva.

No entanto, existem algumas desvantagens a serem consideradas. Primeiramente, a precisão e confiabilidade dos resultados podem ser afetadas por fatores externos, como iluminação inadequada ou interferências ambientais. Além disso, o uso do *Leap Motion* pode apresentar limitações para avaliar outros aspectos do tremor, como a velocidade ou o padrão de movimento.

Apesar das limitações, o trabalho destaca o potencial do controlador *Leap Motion* como uma ferramenta promissora para a avaliação e classificação do tremor nas mãos. Com mais pesquisas e aprimoramentos técnicos, essa abordagem pode contribuir para uma melhor compreensão do tremor em pacientes com doenças neurológicas e auxiliar na monitorização do tratamento e na tomada de decisões clínicas.

### **3.1.2 Jogo Ballon Goon**

Pachoulakis (2016) relata a concepção e implementação de um exergame baseado em MS Kinect SDK adaptado para pacientes com Doença de Parkinson com sintomas moderados, instabilidade postural leve e comprometimento motor. A Figura 25 mostra um jogo baseado em pontuação em que o usuário visualiza balões caindo aleatoriamente ao longo de quatro postes verticais, sendo controlados por meio de gestos de braços e pernas remanescentes de “socos” e “pontapés”.

Balões caindo ao longo dos dois postes internos podem ser estourados usando extensões de braço ("socos"), enquanto extensões de perna ("chutes") balões caindo ao longo dos postes externos. Para encorajar a maximização bilateral de movimento e pontuação, balões caindo ao longo dos dois pilares esquerdo/direito só podem ser estalados pela esquerda/direita e movimentos dos pés (Figura 25).

Figura 25 - Jogo Ballon Goon mostrando um quadro da animação de "soco" do avatar.



Fonte: (PACHOULAKIS; PAPADOPOULOS, 2016)

O trabalho em questão utiliza o MS Kinect SDK (Software Development Kit) adaptado para pacientes com Doença de Parkinson. O MS Kinect é um dispositivo de detecção de movimento desenvolvido pela Microsoft, originalmente projetado para videogames, que utiliza câmeras e sensores para rastrear os movimentos do corpo em tempo real.

Neste estudo, o MS Kinect SDK é adaptado para permitir a avaliação e monitoramento dos sintomas motores da Doença de Parkinson, como a rigidez muscular e a bradicinesia. O objetivo principal é oferecer uma abordagem não invasiva e de baixo custo para a avaliação do movimento e a monitorização da progressão da doença ao longo do tempo.

Entre as vantagens dessa abordagem, destaca-se a praticidade e a facilidade de uso do MS Kinect, que permite uma avaliação remota e em tempo real dos sintomas

motores dos pacientes. Além disso, o sistema é capaz de fornecer medidas objetivas e quantitativas do movimento, permitindo uma avaliação mais precisa em comparação com a avaliação clínica subjetiva.

No entanto, existem algumas desvantagens a serem consideradas. Em primeiro lugar, a precisão e a confiabilidade dos resultados podem ser afetadas por limitações técnicas do MS Kinect, como a sensibilidade a ruídos e interferências ambientais. Além disso, a adaptação do MS Kinect SDK pode exigir ajustes específicos para melhor atender às necessidades e características dos pacientes com Parkinson. Ainda, essa solução se limita ao fato de que em outubro de 2017 a Microsoft anunciou o fim da produção do Kinect para Windows. Desde então, a empresa interrompeu o desenvolvimento ativo do MS Kinect SDK, assim como do kit de desenvolvimento de software correspondente e não foram divulgadas informações oficiais sobre uma possível retomada da produção ou do desenvolvimento do SDK.

Finalmente, é importante destacar que para pacientes com Doença de Parkinson a prática de atividades físicas que envolvam socos e chutes, mesmo sob supervisão profissional, pode apresentar alguns riscos e desafios específicos devido às características da doença, com possibilidade de perda de equilíbrio, quedas, lesões musculares e fadiga.

### **3.1.3 Projeto VR4inclusion**

No projeto VR4inclusion em (BENIM; BERKMAN; CATAK, 2021), o jogo de bocha utilizado é uma adaptação virtual projetada para promover a inclusão e o engajamento de pessoas com diferentes limitações físicas (Figura 26). O objetivo principal é oferecer uma experiência imersiva que permita aos jogadores participarem do esporte, independentemente de suas habilidades físicas. Os jogadores utilizam controladores de movimento ou outros dispositivos de entrada para lançar virtualmente as bolas de bocha em direção a um alvo.

Entre as vantagens desse jogo de bocha virtual, destaca-se a possibilidade de inclusão de pessoas com diferentes tipos de dificuldades motoras. A adaptação virtual permite que pessoas com mobilidade reduzida ou outras limitações possam participar ativamente do jogo, utilizando movimentos específicos adaptados para interagir com o ambiente virtual. Além disso, a experiência imersiva de Realidade Virtual pode aumentar o engajamento e a motivação dos jogadores.

Todavia, existem algumas desvantagens a serem consideradas. A precisão e a sensibilidade dos controladores de movimento ou dispositivos de entrada podem variar, o que pode afetar a precisão dos lançamentos virtuais. Apesar das desvantagens, o jogo de bocha no projeto VR4inclusion proporciona uma experiência inclusiva e envolvente para os jogadores, promovendo a participação ativa e o engajamento de pessoas com diferentes habilidades físicas. A adaptação virtual do esporte oferece uma oportunidade de vivenciar o jogo de bocha, independentemente de limitações físicas, contribuindo para a promoção da inclusão e a igualdade de acesso às experiências esportivas.

Figura 26 -Cenário do VR4Inclusion Boccia.



Fonte: (BENIM; BERKMAN; CATAK, 2021)

### 3.1.4 Sistema Rehabeelitation

Andrade et al. (2023) apresentam um jogo que utiliza o controle virtual de uma abelha em um ambiente 3D como uma abordagem terapêutica para o tratamento dos sintomas motores da Doença de Parkinson. Neste jogo, os pacientes controlam virtualmente uma abelha por meio de movimentos dos membros superiores, capturados por dispositivos de detecção de movimento. Os autores avaliaram o movimento de abrir e fechar as mãos, flexão, extensão, adução, abdução e pinça com os dedos polegar e indicador, considerando sintomas de bradicinesia, tremor e rigidez (Figura 27).

O ambiente 3D é projetado para ser interativo e envolvente, proporcionando aos pacientes uma experiência imersiva e lúdica. Os jogadores são incentivados a executar tarefas motoras específicas no jogo, como coletar néctar ou evitar obstáculos, utilizando os movimentos simulados da abelha controlada virtualmente.

Entre as vantagens desse jogo, destaca-se a abordagem não invasiva e a possibilidade de ser realizada em casa ou em ambientes terapêuticos. Além disso, o jogo permite aos pacientes trabalhar e aprimorar suas habilidades motoras, proporcionando uma prática regular e motivadora em um ambiente virtual seguro.

No entanto, existem algumas desvantagens a serem consideradas. A precisão e a sensibilidade dos dispositivos de detecção de movimento podem variar e afetar a precisão dos movimentos virtuais da abelha. Além disso, a adaptação e familiarização com a interface de controle virtual podem requerer algum tempo e esforço por parte dos pacientes.

Figura 27 - Jogo de Abelhas para Reabilitação de Pacientes com DP.



Fonte: (CARDOSO MENDES; ABREU ROSA DE SÁ; ALVES MARQUES; MORÈRE *et al.*, 2023)

Apesar das desvantagens, o jogo com controle virtual de uma abelha oferece uma abordagem inovadora para o tratamento dos sintomas da Doença de Parkinson. A experiência imersiva e lúdica proporcionada pelo jogo pode ajudar os pacientes a melhorarem sua coordenação motora, a flexibilidade e o controle dos movimentos dos membros superiores, além de proporcionar um ambiente agradável e estimulante para o exercício terapêutico.

Essa abordagem terapêutica tem potencial para complementar outras terapias convencionais e fornecer uma alternativa agradável e motivadora para o tratamento dos sintomas da Doença de Parkinson. No entanto, são necessárias pesquisas adicionais para avaliar sua eficácia e adaptabilidade a diferentes necessidades e estágios da doença.

### 3.1.5 Jogo para XBOX 360

No estudo realizado por Toldo, Felicio *et al.* (2021) verificou-se o efeito de um protocolo de reabilitação virtual usando um vídeo game do XBOX 360 para pacientes com Doença de Parkinson, a fim de avaliar secundariamente o equilíbrio dos

indivíduos. Neste trabalho, foi observado uma melhora significativa nos sinais motores, no equilíbrio e na qualidade de vida dos pacientes com DP.

O Xbox 360S, uma versão do console de videogame Xbox 360 da Microsoft, tem sido utilizado como uma ferramenta de reabilitação virtual para pacientes com Doença de Parkinson. Nessa abordagem, o Xbox 360S é combinado com jogos e dispositivos de controle de movimento, como o Kinect, para criar um ambiente de reabilitação imersivo e interativo.

Os pacientes com DP podem se envolver em uma variedade de jogos virtuais que exigem movimentos corporais e exercícios físicos. O Kinect é capaz de rastrear os movimentos do corpo dos pacientes e traduzi-los em ações dentro do jogo, oferecendo uma experiência de reabilitação personalizada e motivadora.

Entre as vantagens dessa abordagem, destaca-se a acessibilidade e a disponibilidade ampla do Xbox 360S. O console de videogame é amplamente utilizado e facilmente encontrado em residências e clínicas de reabilitação. Além disso, o uso do Kinect permite uma interação sem a necessidade de segurar um controle, facilitando a participação dos pacientes com dificuldades de destreza manual.

No entanto, o sistema apresenta algumas desvantagens. A precisão e a sensibilidade dos dispositivos de controle de movimento podem variar, o que pode afetar a precisão dos movimentos dentro do jogo. Além disso, a adaptação e a familiarização com os jogos e a interface podem requerer tempo e esforço dos pacientes.

Apesar das desvantagens, o uso do Xbox 360S para reabilitação virtual de pacientes com a Doença de Parkinson oferece uma abordagem acessível. Ao combinar jogos e exercícios físicos, essa abordagem pode ajudar a melhorar a mobilidade, a coordenação e a qualidade de vida dos pacientes. Entretanto, são necessárias pesquisas adicionais para avaliar sua eficácia e adaptabilidade em estágios avançados da doença.

### 3.2 Estudo Comparativo dos Trabalhos Relacionados

A Tabela 1 apresenta uma comparação e análise dos trabalhos relacionados apresentados neste capítulo. Uma característica comum destes trabalhos é o uso de jogos sérios para diagnóstico/tratamento de reabilitação de indivíduos com DP, associado a técnicas de Realidade Virtual como meio de interação, descrevendo as várias tecnologias usadas e as principais características que cada sistema incorpora.

Tabela 1. Análise dos Sistemas de Realidade Virtual para indivíduos com Doença de Parkinson.

TRABALHOS	TECNOLOGIAS E CARACTERÍSTICAS										
	Realidade Virtual Imersiva	Realidade Virtual Não Imersiva	Serious Game	Tremor	Bradicinesia	Rigidez	Equilíbrio	Força Muscular	AVD	Doença de Parkinson	Paraleisia
(LUGO, 2017)		*	*	*					*	*	
(PACHOULAKIS, 2016)		*	*		*	*			*	*	
(BENIM, et al, 2021)		*	*						*		*
(ANDRADE et al., 2023)	*	*	*	*	*	*			*	*	
(TOLDO, FELICIO, et al, 2023)		*							*	*	

Ao observar a tabela acima, nota-se que nenhum dos sistemas estudados contemplou, simultaneamente, elementos importantes como bradicinesia, rigidez, força e equilíbrio. Tal limitação motivou a pesquisa nesta dissertação. De fato, reabilitar pacientes com a Doença de Parkinson, considerando estes sintomas, pode trazer vários benefícios que vão além das atividades da vida diária (AVD). Como consequência, acredita-se que um sistema com estas características possui o potencial para desacelerar a progressão da doença, reduzir o risco de quedas, elevar a autoestima e ainda estimular a cognição.

### 3.3 Considerações Finais

A escassez de estudos que utilizam a Realidade Virtual com Jogos Sérios para reabilitação de pacientes com Doença de Parkinson, juntamente com a pequena



quantidade de características importantes para reabilitação da doença presente nos sistemas atuais, foram as principais motivações para a realização desta pesquisa.

Um fato observado na revisão da literatura aqui apresentada foi o de que as soluções empregadas para a reabilitação física são em maior quantidade quando comparada com a reabilitação cognitiva. Além disso, apesar da ampla variedade de sintomas presentes na Doença de Parkinson, nota-se uma carência na quantidade de soluções desenvolvidas para cada sintoma. Acredita-se que uma solução computacional abordando estes elementos pode conduzir para uma maior aplicação deste tipo de sistemas no tratamento não farmacológico da Doença de Parkinson.

Igualmente, a Realidade Virtual ainda não é tecnologia predominante nas soluções encontradas, apesar de alguns estudos mostrarem que a RV, em grande parte, possui melhores resultados do que sistemas não RV (ELOR; TEODORESCU; KURNIAWAN, 2018). Este cenário pode mudar em breve em virtude da popularização da RV e dos benefícios que ela possui na ação de envolver, motivar e engajar o jogador/paciente.

Para tanto, este trabalho se propôs a desenvolver um sistema que baseado em RV e jogos sérios, providenciasse um conjunto de características tais como bradicinesia, equilíbrio, rigidez e força no tratamento de pacientes com Doença de Parkinson. A arquitetura deste sistema é apresentada no próximo capítulo.

---

# Capítulo 4

## Sistema Proposto – Arquitetura e Funcionalidades

O capítulo anterior mostrou que as pesquisas que exploram o uso de *serious game* para a reabilitação de pessoas com a Doença de Parkinson, utilizando Realidade Virtual, vêm apresentando perspectivas promissoras.

Tendo em vista que é relevante o uso destas tecnologias na reabilitação de pacientes com DP e, considerando a necessidade de aprimoramento dessas aplicações, no sentido de tratar sintomas importantes da Doença de Parkinson (bradicinesia, rigidez, equilíbrio e força), este capítulo introduz uma arquitetura destinada ao desenvolvimento desse tipo de aplicação.

Essa arquitetura é fundamentada em um conjunto de requisitos identificados, tanto funcionais quanto não-funcionais, durante a realização desta pesquisa. Também são apresentados alguns Casos de Uso advindos da UML (*Unified Modeling Language*) (MEDEIROS, 2004) que mostram como os requisitos são absorvidos na aplicação por meio das características a serem implementadas. Posteriormente, são apresentadas algumas figuras que explicam a dinâmica do jogo proposto com diferentes cenários, apresentando também como algumas das funcionalidades propostas são avaliadas.

### 4.1 Estudo de Caso – Jogo de Bocha

O sistema aqui proposto faz uso do jogo de bocha para suportar as funcionalidades que foram detectadas como necessárias para aprimorar as atuais abordagens de sistemas voltados para o tratamento da Doença de Parkinson. Assim,

antes de destacar os requisitos identificados, uma ideia do princípio do jogo de bocha é apresentada nesta seção.

Bocha é um jogo tradicional que envolve habilidade, estratégia e precisão. O objetivo do jogo é lançar bolas o mais próximo possível de uma bola-alvo chamada de bolim. Os jogadores competem entre si ou em equipes e o objetivo é acumular pontos ao posicionar suas bochas (bolas) mais perto do bolim do que as bochas dos oponentes.

De acordo com Pagnoni (2017) o jogo de bocha remonta à Roma Antiga. Acredita-se que o jogo tenha sido introduzido pelos antigos gregos, mas foi na Roma Antiga que a bocha se tornou popular.

Inicialmente, a bocha era jogada com bolas de pedra ou metal. Os jogadores tentavam lançar suas bochas o mais próximo possível do bolim. O objetivo era marcar pontos ao posicionar suas bolas mais perto do bolim do que as dos oponentes.

Com o passar dos séculos, o jogo de bocha evoluiu e se espalhou por diferentes regiões da Europa. Na Idade Média, se tornou popular entre a nobreza e a realeza, sendo frequentemente jogada em jardins e pátios de castelos e palácios.

No século XIX, tornou-se um esporte organizado na Itália, onde regras padronizadas foram estabelecidas. O esporte ganhou popularidade em todo o continente europeu e foi introduzido em outros países, inclusive nas Américas.

Atualmente, é um esporte praticado em nível amador e profissional em muitos países ao redor do mundo. Existem diferentes variações do jogo, como a bocha tradicional, a bocha adaptada para pessoas com deficiência e a petanca, uma versão francesa do esporte. A bocha também faz parte do programa dos Jogos Paralímpicos, onde é jogada por atletas com deficiência física, portadores de diversos tipos de lesões neurológicas, tais como, sequelas de AVC, paralisia cerebral e malformações musculoesqueléticas.

As regras do jogo de bocha são definidas pela "*Boccia International Sports Federation*" (BISFED, 2023), mas podem variar um pouco dependendo da região e da variante do jogo que está sendo jogada. A seguir estão as regras básicas do jogo de bocha tradicional:

1. Número de jogadores: O jogo é geralmente disputado entre duas equipes, com um, dois ou três jogadores em cada equipe. O jogo também pode ser disputado individualmente.

2. Bochas (Bolas): Cada equipe possui um conjunto de bolas, geralmente composto por quatro bolas de cor diferente. Existem duas cores diferentes para distinguir as equipes.

3. Bolim: Antes do início do jogo, um jogador lança o bolim, uma pequena bola de cor diferente das bolas da equipe, para o campo de jogo. O bolim deve ser lançado além de uma linha predeterminada, mas não muito longe.

4. Lançamento: O primeiro jogador de uma equipe lança uma bola, tentando aproximá-la o máximo possível do bolim. Em seguida, um jogador da equipe adversária tenta lançar sua bola mais próxima do bolim do que a bola da equipe adversária.

5. Jogadas subsequentes: A equipe que não está mais próxima do bolim joga suas bolas até que uma de suas bolas esteja mais próxima do bolim que qualquer bola da equipe adversária. Então, a equipe adversária tenta superar essa marca.

6. Pontuação: Após o lançamento de todas as bolas, a equipe cuja bola está mais próxima do bolim ganha um ponto. Se essa equipe também tiver a segunda bola mais próxima, ela ganha um ponto adicional. O máximo de pontos que podem ser marcados em uma única rodada é dois.

7. Próxima rodada: O time que ganhou a rodada anteriormente inicia a próxima rodada. O jogador desse time lança o bolim e tenta aproximar sua bola o máximo possível.

O jogo continua com as equipes alternando as jogadas até que um time atinja um número predeterminado de pontos, geralmente 12 ou 15. O time que alcançar esse número primeiro é declarado vencedor.

Assim como Toohil (1999), a “*Federazione Italiana Bocce*” (FIB) reconhece que o jogo de bocha oferece vários benefícios para o equilíbrio físico e a coordenação motora dos jogadores. Alguns desses benefícios incluem:

1. Equilíbrio e estabilidade: A bocha envolve movimentos que exigem equilíbrio corporal e estabilidade. Os jogadores precisam manter uma postura equilibrada ao lançar as bolas e se mover pelo campo de jogo. Isso contribui para o fortalecimento dos músculos das pernas e do tronco, ajudando a melhorar o equilíbrio geral.

2. Coordenação olho-mão: O jogo de bocha requer uma boa coordenação entre os olhos e as mãos. Os jogadores precisam avaliar a distância, direção e força necessárias para lançar as bolas com precisão em direção ao bolim. Essa prática constante da coordenação olho-mão pode melhorar a habilidade geral de coordenação motora.

3. Precisão e controle motor: A bocha é um jogo que exige precisão nos lançamentos. Os jogadores precisam desenvolver a capacidade de controlar a força e a direção dos lançamentos para aproximar as bochas do bolim. Isso requer controle motor refinado e aprimoramento da capacidade de ajustar a força muscular de acordo com as demandas do jogo.

4. Concentração e estratégia: Durante o jogo de bocha, os jogadores devem se concentrar nas posições das bolas no campo, avaliar as opções estratégicas e tomar decisões táticas para obter vantagem sobre o oponente. Esse aspecto do jogo estimula a concentração mental, o raciocínio estratégico e a tomada de decisões rápidas, contribuindo para o desenvolvimento cognitivo.

5. Socialização e interação: Além dos benefícios físicos e motores, a bocha oferece uma oportunidade para os jogadores se socializarem e interagirem com

outras pessoas. O jogo pode ser praticado em equipes, promovendo o trabalho em equipe, a comunicação e a construção de relacionamentos.

O jogo de Bocha, geralmente, é disputado em uma quadra retangular de grama, terra batida ou superfície dura. Cada jogador ou equipe possui um conjunto de bolas que são lançadas alternadamente. Os jogadores alternam lançando suas bolas, tentando se aproximar o máximo possível do bolim. Eles podem tentar acertar diretamente o bolim ou atingir as bolas dos oponentes para deslocá-las e melhorar sua própria posição. O jogo continua até que todas as bolas tenham sido lançadas. Ao final de cada rodada, os pontos são contados e registrados. O jogador ou equipe que acumular a maior pontuação ao longo do jogo é declarado vencedor.

## 4.2 Requisitos do Sistema

Esta seção apresenta os requisitos que foram identificados na busca da construção de um jogo sério com RV, baseado no jogo de bocha, para o tratamento não farmacológico que promova a reabilitação de pacientes com Doença de Parkinson (DP). Assim, os principais requisitos funcionais (RF) são:

- **RF01:** permitir a simulação do jogo de bocha em ambiente de Realidade Virtual para pacientes com Doença de Parkinson;
- **RF02:** permitir movimento para avaliar a bradicinesia, rigidez, equilíbrio e força do paciente com Doença de Parkinson;
- **RF03:** calcular pontuação final do jogador através da média das proximidades das bolas lançadas com o bolim;
- **RF04:** fornecer informações quantitativas que possibilitem a avaliação do desempenho do jogador com Doença de Parkinson;
- **RF05:** suportar o uso de multiplayer, durante sessões do jogo.
- **RF06:** suportar a utilização do jogo em diferentes plataformas (mobile, Vive).

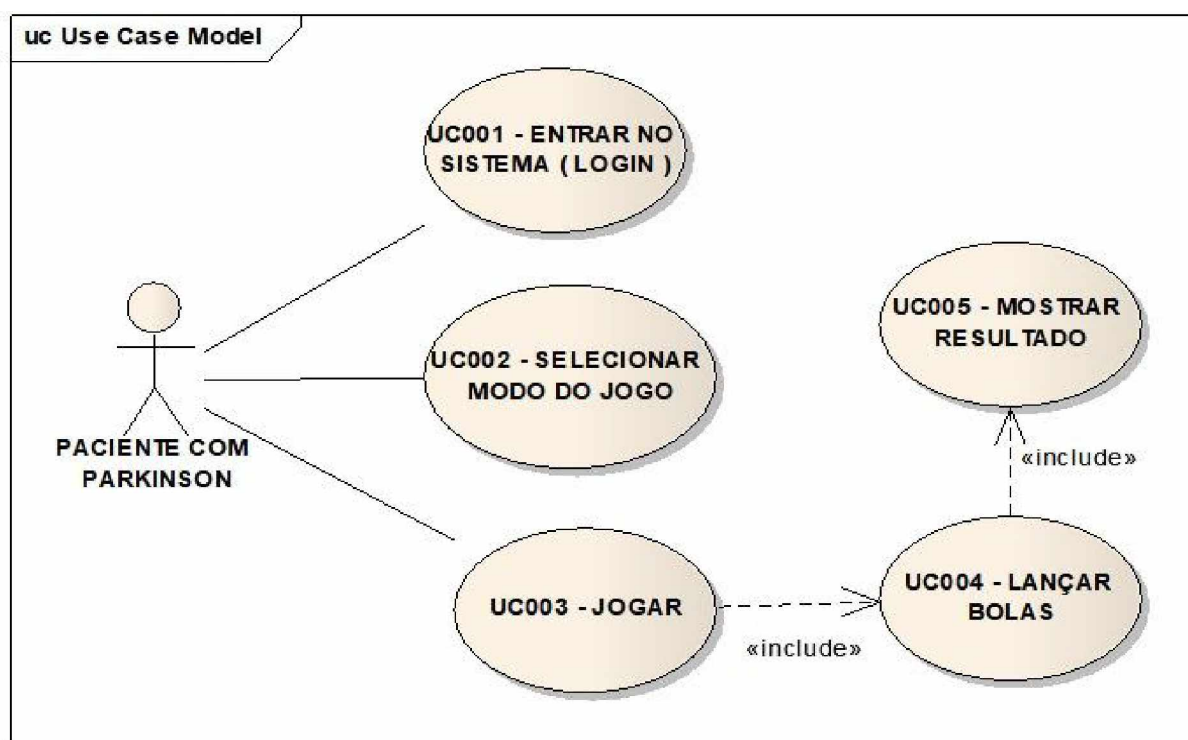
E os principais requisitos não funcionais (RNF) seriam:

- **RNF01:** utilizar a tecnologia de Realidade Virtual (RV);

- **RNF02:** utilizar o dispositivo HTC Vive, um headset de Realidade Virtual que consiste em um visor de alta resolução e sensores de rastreamento de movimento (HTC, 2023);
- **RNF03:** oferecer resposta em menos de 2 segundos;

A aplicação aqui proposta possui as seguintes características: o usuário deve entrar no sistema por meio de um login e selecionar o modo no qual o paciente irá jogar: um usuário ou dois usuários (*multi player*). Em seguida, apresenta-se a opção de jogar, destacando o lançamento das bolas (bochas). Finalmente, o sistema irá mostrar o resultado do jogo através da pontuação realizada pelo usuário que, por sua vez, é calculada pela média das distâncias de suas bolas com a bola central (bola mestra). Essas funcionalidades podem ser vistas no diagrama de Casos de Uso (Medeiros, 2004) mostrado na Figura 28.

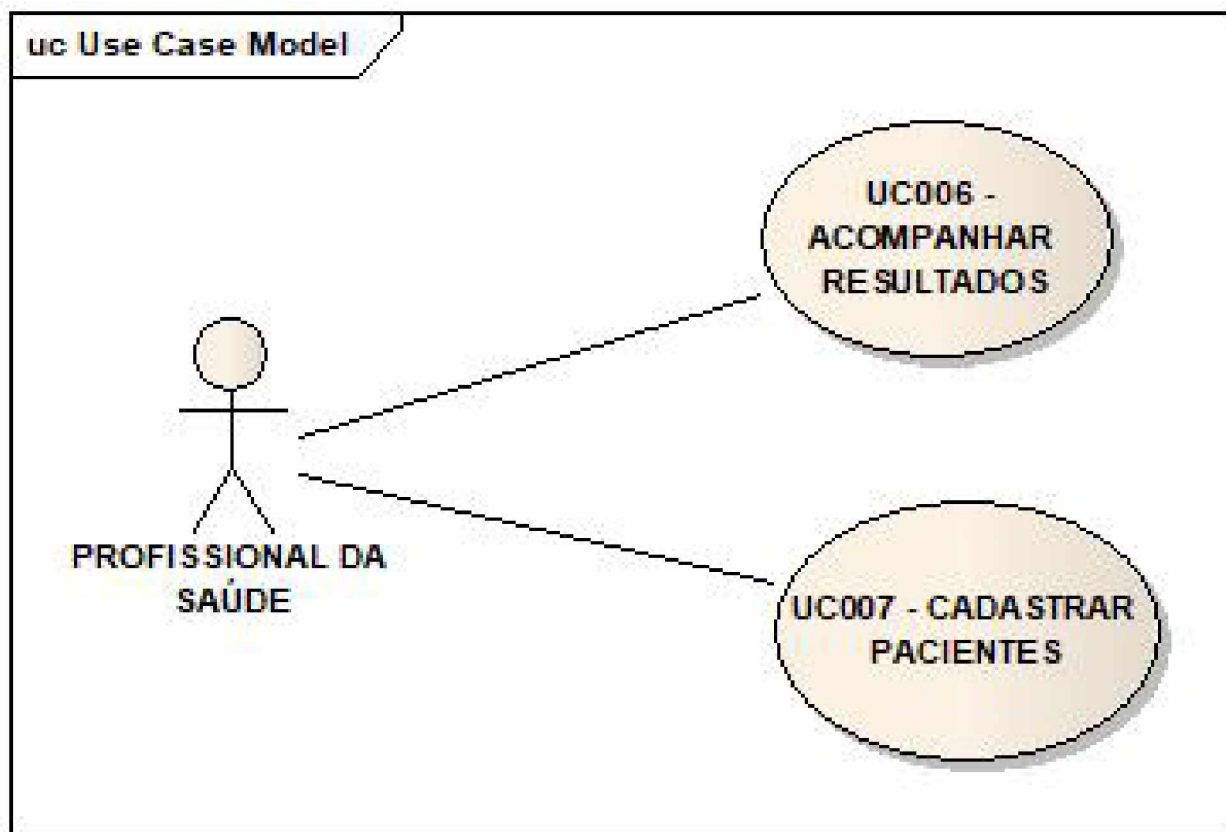
Figura 28 -Diagrama de Casos de Uso do Jogo de Bocha Adaptado.



O sistema conterá um módulo para os profissionais da saúde (Médicos, Fisioterapeutas etc.) para que possam monitorar o desempenho dos pacientes, por meio do cadastro dos pacientes e do acompanhamento dos resultados. As

funcionalidades deste módulo são mostradas no diagrama de Casos de Uso da Figura 29.

Figura 29 - Diagrama de Casos de uso para o Profissional da Saúde



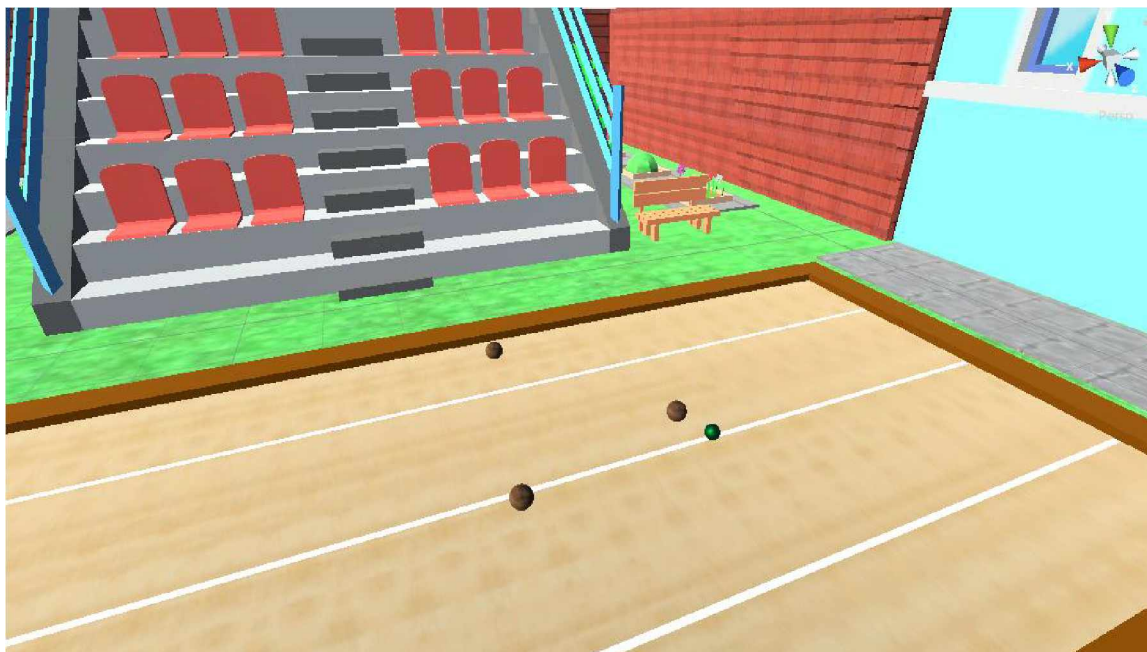
### 4.3 Características da Aplicação

A princípio, como parte de uma pesquisa sobre a viabilidade do uso de novas tecnologias para o tratamento da Doença de Parkinson, foi realizada uma visita na Associação Parkinson do Triângulo, instituição filantrópica que visa dar qualidade de vida e bem-estar às pessoas com DP.

Como consequência, o projeto pensado para aplicação dos conceitos abordados nesta pesquisa foi o de um *serious game*, baseado nas regras do jogo de Bocha, em ambiente de Realidade Virtual (requisitos RF01 e RNF01). Para tanto, o bolim virtual foi definido com a coloração verde e as bochas virtuais com a coloração marrom (especificamente para o jogador 1), como pode ser observado na Figura 30.



Figura 30 - Execução do protótipo de bocha Adaptada



O projeto em questão busca monitorar a evolução do paciente ao longo do tratamento, por meio de sensores de movimentos e tecnologias emergentes, para auxiliar nas análises do profissional responsável.

O lançamento de uma bocha envolve várias estruturas do corpo humano, com uma ênfase particular nos membros superiores e na coordenação corporal. Durante o lançamento, as principais estruturas do corpo envolvidas são:

1. Ombros: Os ombros são fundamentais para fornecer estabilidade e força durante o lançamento. Eles são usados para levantar e posicionar a bola em preparação para o lançamento.

2. Braços: Os músculos dos braços são acionados durante o movimento de arremesso. O braço que segura a bola é estendido para trás e, em seguida, impulsionado à frente durante o lançamento.

3. Mãos: As mãos são responsáveis por segurar a bola de bocha e pelo controle da liberação da bola durante o lançamento. O posicionamento correto da mão e a liberação adequada são essenciais para garantir precisão e direção no arremesso.

4. Punhos: Os punhos ajudam a estabilizar a bola de bocha e permitem que o jogador controle a orientação da bola durante o lançamento.

5. Tronco: O tronco, incluindo os músculos abdominais e dorsais, fornece a estabilidade central necessária para gerar uma força adequada no lançamento e manter o equilíbrio durante o movimento.

6. Pernas: As pernas são importantes para fornecer uma base sólida e estável durante o movimento de preparação e lançamento. A transferência de peso adequada das pernas para os braços é essencial para aumentar a força do arremesso.

7. Coordenação: Além das estruturas musculares, o lançamento de bocha também requer uma coordenação cuidadosa entre todas as partes do corpo envolvidas no movimento. A sincronização correta entre o movimento dos braços, tronco e pernas é vital para garantir um lançamento eficiente e preciso.

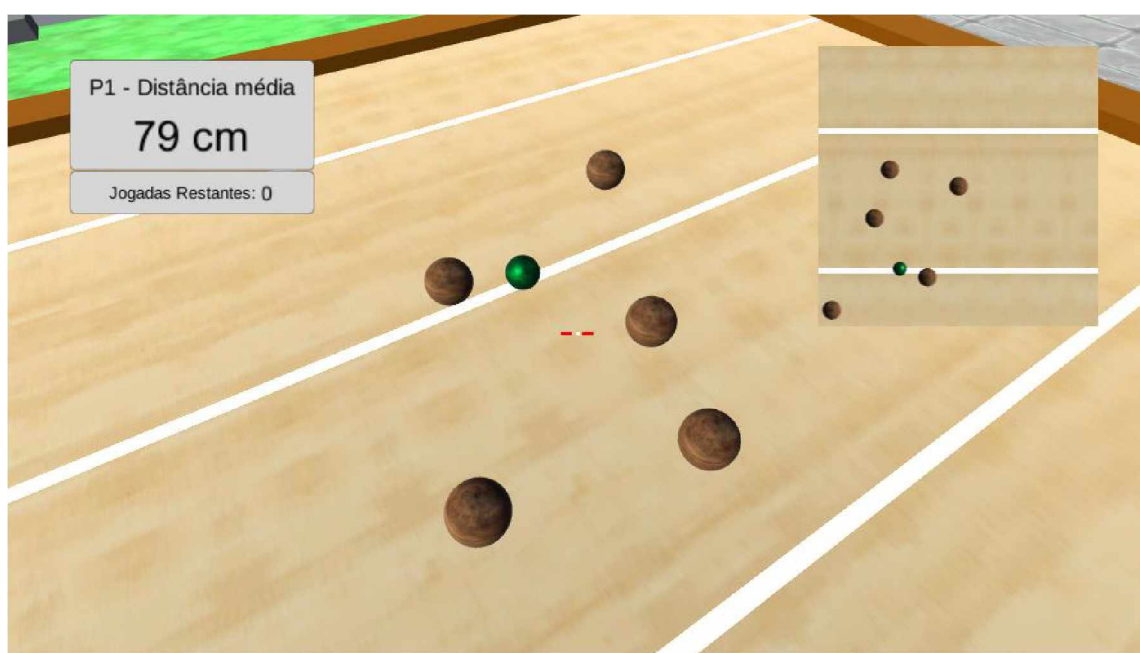
Figura 31 - Demonstração do lançamento das bochas do protótipo.



O movimento do punho deve ser executado simulando o arremesso de uma bola (Figura 31) do jogo de Bocha por meio dos controles de movimento. É importante ressaltar que atletas de Bocha usam grande parte dos seus treinamentos para aprimorar o gesto motor do arremesso (ARROXELLAS; ROMANO; CYMROT; BLASCOVI-ASSIS, 2017), que é o mesmo gesto utilizado na órtese de punho com movimentos de flexão e de extensão para reabilitação de pacientes com DP. Tal fator foi decisivo para a escolha do jogo de bocha adaptado para este projeto.

A mecânica do jogo proposto foi implementada para conter os mesmos objetivos do jogo de bocha tradicional. Assim, é possível diminuir a curva de aprendizagem para aqueles que já estão familiarizados com o jogo base. Porém, a contagem da distância é realizada ao final da partida por meio de uma média aritmética das distâncias entre cada bocha e o bolim. Tal modificação tem o intuito de simplificar a quantidade de informações presentes na tela. Além disso, uma câmera auxiliar foi programada (com vista superior, mirando para a bocha recém-lançada), buscando facilitar a visualização da posição final entre cada bocha lançada e o bolim (Figura 32).

Figura 32 - Vista superior do jogo.



O trabalho ainda conta com alguns modos de jogo, sendo eles: *multiplayer* e *singleplayer* (RF05), os quais (como o nome sugere), definem a quantidade de

jogadores para uma determinada partida (Figura 33). Para o modo *singleplayer*, o jogador recebe a oportunidade de realizar 5 arremessos, os quais terão a distância média com o bolim calculada ao lançamento da última bocha. Para o modo *multiplayer*, a mecânica se mantém a mesma, porém com a intercalação de rodadas (A cada arremesso realizado, os jogadores são alternados) e ao fim da partida as respectivas distâncias são calculadas. Vale ressaltar que a distinção entre os jogadores é realizada pela cor das bochas (vermelha para o jogador 2, e marrom para o jogador 1). Para o desenvolvimento da opção *multiplayer* escolheu-se a biblioteca “*Photon Unity Networking (PUN)*” que oferece suporte a vários jogadores, possui documentação consistente e oferece servidores hospedados que facilitam a implementação em tempo real. Esta opção de *multiplayer* é para o paciente jogar com outro paciente ou contra o computador.

Figura 33 - Demonstração da tela de seleção de modo de jogo.



Uma variedade de cenários do protótipo também foi pensada, buscando evitar a monotonia de ambiente. Para isso, quatro diferentes cenários iniciais foram modelados por meio da plataforma Blender. Um situado na cidade (Figura 34), um situado em um ambiente de praia (Figura 35), um situado em um estádio padrão (Figura 36), e por fim, um situado em estádio glacial (piso de gelo) (Figura 37). Vale ressaltar que cada terreno também foi projetado para uma física específica, que pode requerer ajustes na força e/ou ângulo de arremesso das bochas (buscando trazer

variedade de gameplay e dificuldade). Apesar dos estudos feitos para os ambientes e cenários praia, estádio padrão e estádio glacial, a implementação dos protótipos desenvolvidos constitui proposta como trabalho futuro.

Figura 34 - Cenário Inicial situado na cidade.



Figura 35 - Cenário Inicial situado na praia

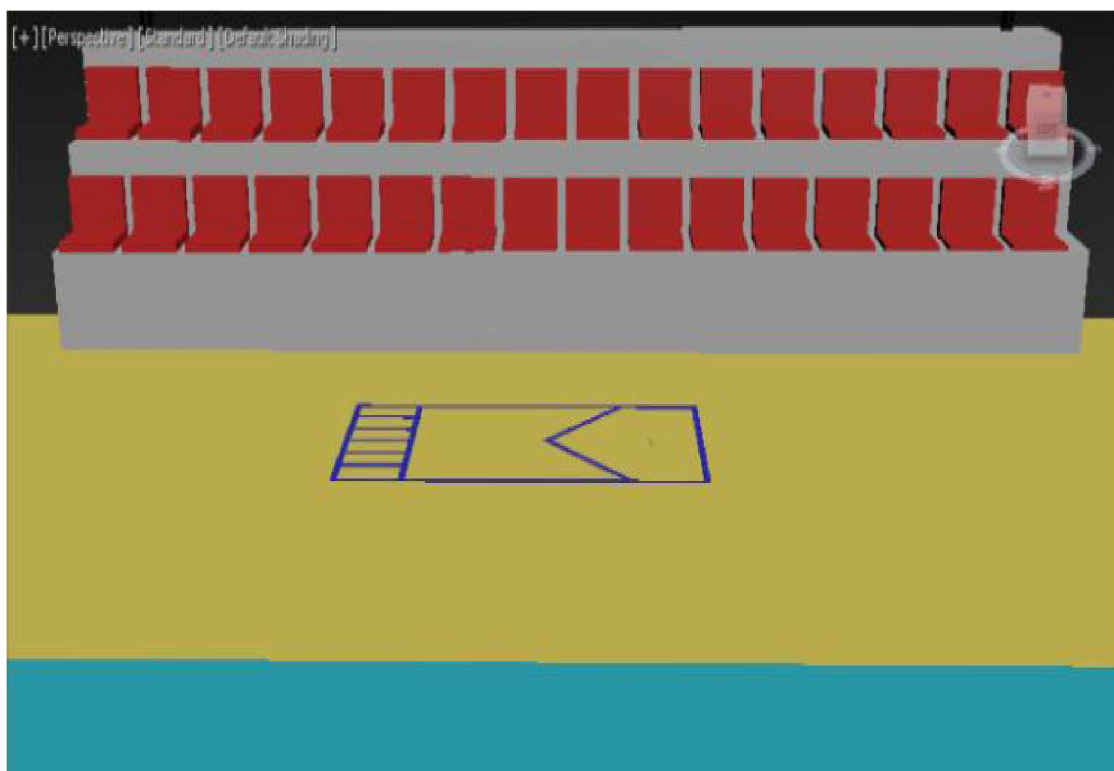


Figura 36 - Cenário situado no estádio padrão

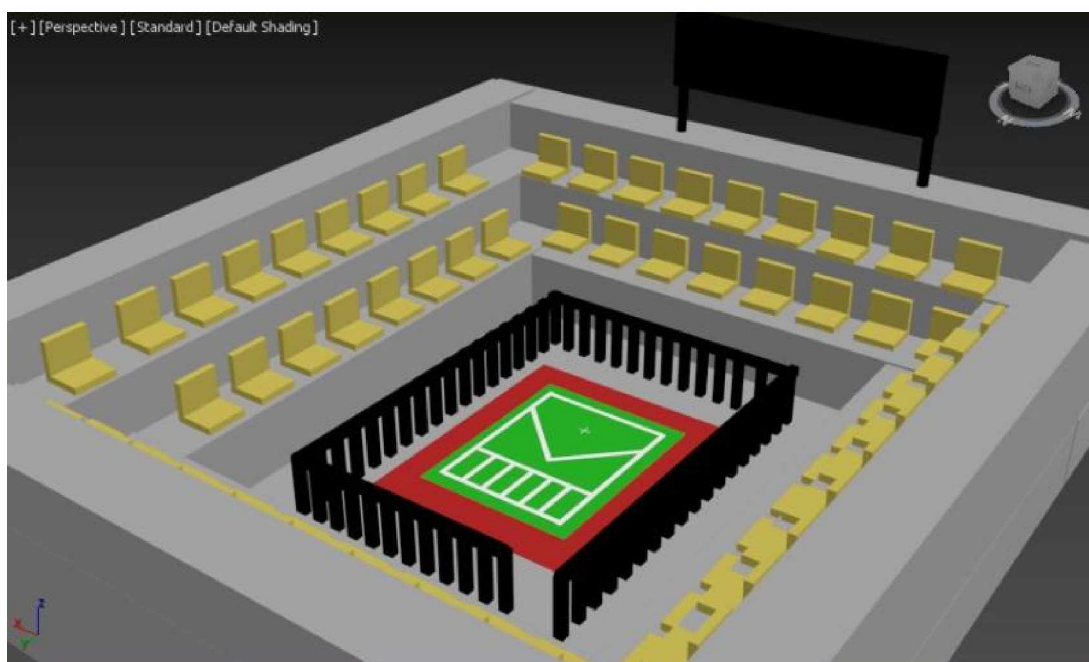
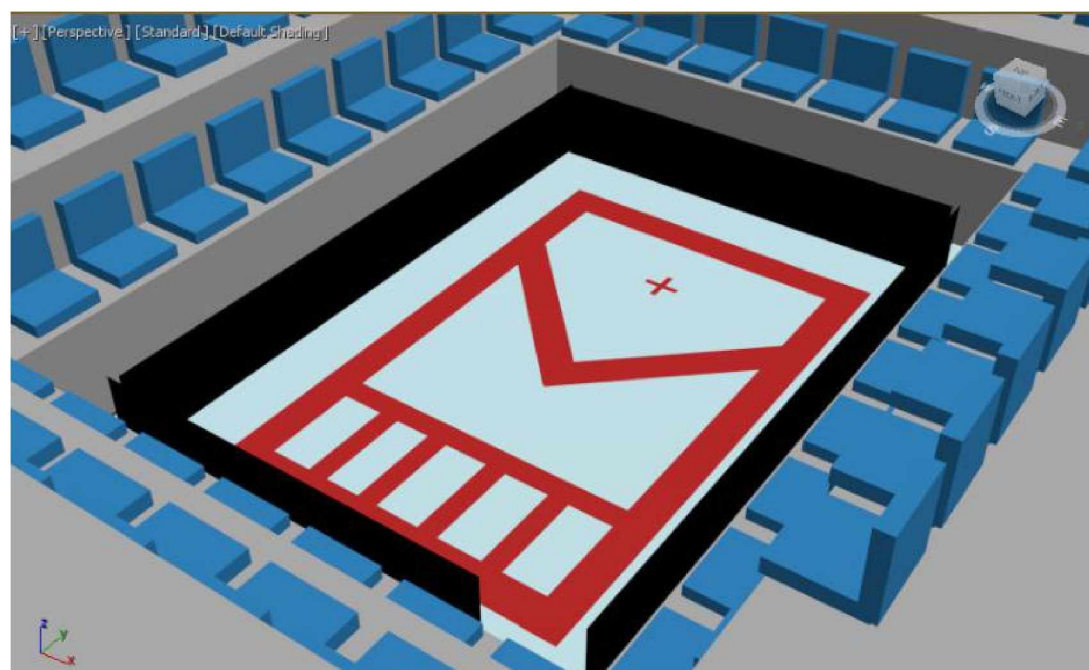


Figura 37 - Cenário situado em estádio glacial



No estudo da usabilidade com relação à perspectiva do usuário, foram consideradas duas possibilidades de jogo. Em uma possibilidade, a bocha surge no cenário virtual no exato momento em que o jogador realiza o movimento de lançamento e no outro a bocha se encontra posicionada na cancha e o jogador, por sua vez, utiliza um cursor a partir do qual define direção e força com que ela será lançada em direção ao bolim (Figura 38 e 39).

Figura 38 - Cenário em que a bocha está posicionada na cancha



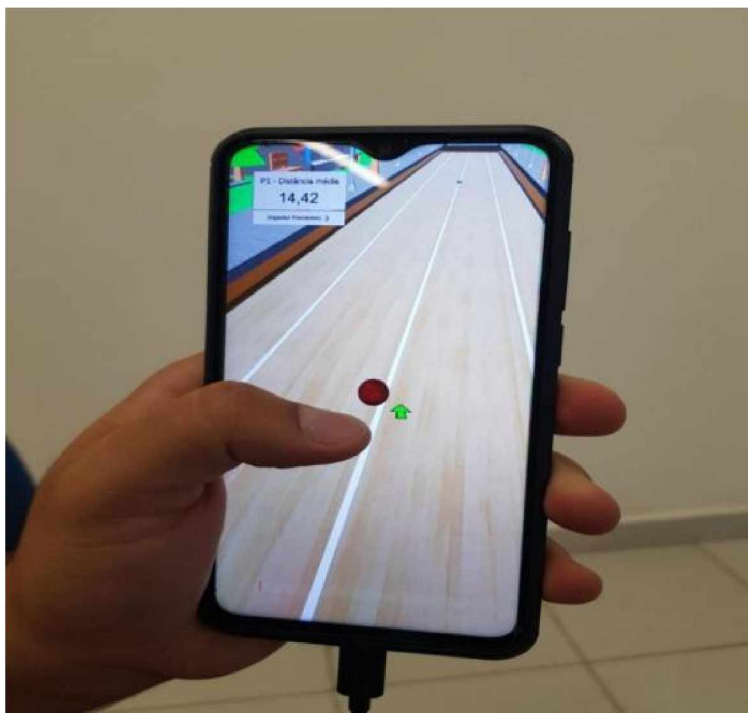
Figura 39 - Cenário com Bocha posicionada na cancha e Cursor (Seta Verde)



É importante que parte de uma reabilitação seja realizada juntamente com o profissional da saúde e outra seja realizada como parte da rotina diária do paciente, podendo ser acompanhado por um cuidador previamente treinado. Tendo isso em vista, uma versão da aplicação que roda em aparelhos celulares foi desenvolvida (RF06), a fim de permitir que o paciente pratique em dias e horários adequados às

rotinas de atividades da vida diária. Nesta versão, o aparelho celular funciona como interface de interação do usuário no jogo (Figura 40), cuja expectativa é incrementar a adesão ao tratamento.

Figura 40 - Celular como interface de interação no Jogo de Bocha em ambiente de Realidade Virtual.



Outra versão do jogo foi desenvolvida com integração com o dispositivo HTC Vive (requisito RNF02) para permitir que o movimento seja realizado com maior naturalidade. A Figura 41 mostra um usuário utilizando o game com o controle do HTC Vive em uma de suas mãos. Os movimentos realizados pelo paciente ao utilizar o dispositivo HTC Vive permite que um profissional da saúde observe e avalie parâmetros relativos a bradicinesia, rigidez, equilíbrio e força do paciente com Doença de Parkinson (requisito RF02).

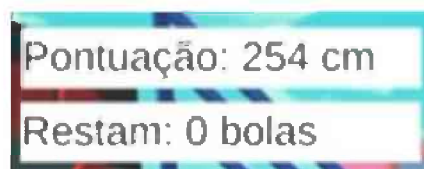


Figura 41 - Usuário utilizando o Jogo de Bocha com o dispositivo HTC Vive



A interface gráfica com o usuário do jogo inclui menus, HUDs (*heads-up displays*), e informações sobre a pontuação e sobre as bolas restantes (Figura 42), conforme requisito funcional RF03.

Figura 42 - Pontuação do Jogo de Bocha.



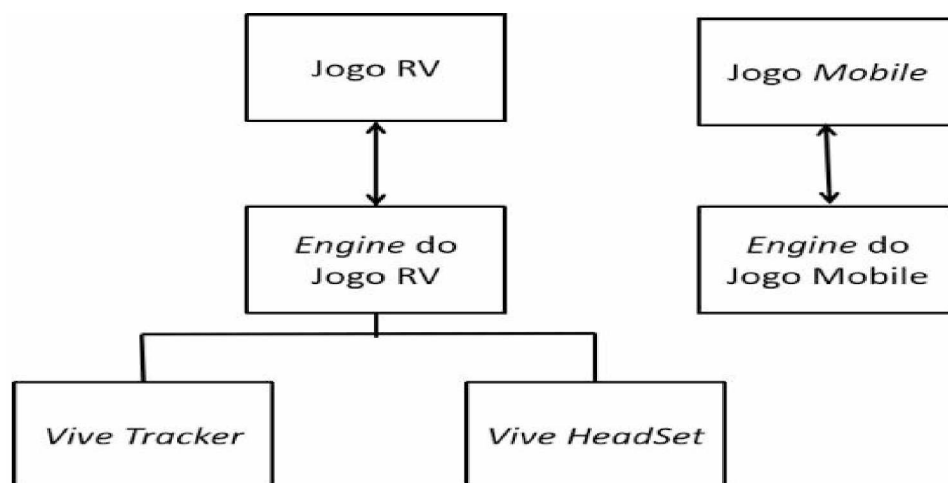
O requisito RF04 que trata de fornecer informações quantitativas que possibilitem a avaliação do desempenho do jogador, pode ser verificado através da informação da velocidade com que a bola é lançada. Este valor da velocidade é disponibilizado para o profissional de saúde no final de cada rodada. Isso permite que os parâmetros bradicinesia, rigidez e força utilizados no movimento sejam avaliados. Atualmente, o valor da velocidade não está exposto na tela, mas o mesmo é calculado no sistema e disponibilizado para o profissional de saúde. Portanto, é possível avaliar quantitativamente parâmetros de movimento do paciente com Parkinson durante a prática do jogo. Indo além, indicadores qualitativos observados pelo profissional

durante a prática do jogo podem ser igualmente úteis, tais como fluência, amplitude, coordenação e precisão dos movimentos do jogador.

A Figura 43 mostra a arquitetura dos dois módulos desenvolvidos neste projeto: a versão do jogo para dispositivos móveis (jogo mobile) e a versão utilizando o dispositivo HTC Vive utilizando Realidade Virtual (RV).

A arquitetura do módulo do jogo utilizando RV foi desenvolvida no Unity interagindo com o HTC Vive para lançamento das bolas, envolvendo a integração do headset HTC Vive e seus controladores de movimento, que permitem ao jogador visualizar e interagir com o ambiente virtual em 3D. A *engine* do jogo utiliza scripts em C# no Unity, os movimentos e ações do jogador são rastreados, permitindo aplicar física realista à bola, considerando velocidade, força, direção e colisões com o ambiente. Essa combinação cria uma experiência imersiva e interativa, onde o jogador pode lançar a bola com suas próprias mãos dentro do ambiente virtual. Já a arquitetura do módulo para mobile foi desenvolvida no Unity com a criação de um ambiente virtual, onde o jogador pode interagir com as bolas através de controles touchscreen. No caso do lançamento da bola, os movimentos do jogador na tela são mapeados para calcular a direção e a força do lançamento. O Unity permite a implementação de física realista para simular o movimento da bola e suas colisões com objetos no ambiente.

Figura 43 – Arquitetura dos módulos do Jogo de Bocha.



## 4.4 Considerações Finais

Este capítulo apresentou a solução proposta para o desenvolvimento de uma aplicação em que um paciente com a Doença de Parkinson em tratamento não farmacológico possa praticar o jogo de Bocha em ambiente de Realidade Virtual.

O jogo de Bocha desenvolvido neste trabalho auxilia o paciente com DP nos seguintes aspectos:

- Equilíbrio e estabilidade: requer movimentos que exigem coordenação e equilíbrio corporal;
- Coordenação: requer uma coordenação precisa entre os olhos e as mãos;
- Precisão e controle motor: exige precisão nos lançamentos e no controlar de força.
- Concentração e estratégia: o jogo estimula a concentração mental, o raciocínio estratégico e a tomada de decisões rápidas, contribuindo para o desenvolvimento cognitivo;
- Melhora da bradicinesia e rigidez: no jogo de bocha, os jogadores são estimulados a realizar movimentos precisos e coordenados, o que pode ajudar a combater a bradicinesia. Os lançamentos das bolas exigem movimentos amplos e fluidos, ajudando a promover a mobilidade e a agilidade dos membros superiores. Além disso, pode contribuir para melhorar a rigidez através do desenvolvimento de força muscular e flexibilidade.

Os requisitos propostos, inicialmente, para o sistema foram desenvolvidos. Adicionalmente, foram realizados testes com relação ao dispositivo HTC Vive para implementar a usabilidade do sistema e testes com relação ao requisito RNF03.

Uma vantagem do projeto em relação a projetos que utilizaram o dispositivo Kinect do XBOX, por exemplo, é que o dispositivo HTC Vive utiliza tecnologia de rastreamento de movimento chamada "*lighthouse tracking*", que emprega lasers e sensores nos próprios óculos e controles, permitindo um rastreamento muito mais preciso e confiável dos movimentos do jogador. Essa abordagem proporciona uma

experiência de realidade virtual mais imersiva e precisa. A vantagem do Vive em relação ao Kinect está, portanto, na sua maior precisão e confiabilidade no rastreamento dos movimentos. Isso resulta em uma experiência de Realidade Virtual mais envolvente e interativa, com menos problemas de detecção de movimentos incorretos ou atrasos.

Neste contexto, toda pessoa portadora de limitações motora deveria ter a oportunidade de participar de atividades esportivas, de acordo com suas qualidades e qualificações, sob supervisão adequada e com apoio de fisioterapeutas e técnicos esportivos capacitados.

No próximo capítulo são apresentados detalhes do desenvolvimento desta aplicação.

# Capítulo 5

## Desenvolvimento da Aplicação

Neste capítulo são apresentados detalhes do desenvolvimento da aplicação proposta anteriormente, as tecnologias envolvidas, interfaces e equipamentos de Realidade Virtual e as ferramentas de desenvolvimento para implementação do sistema.

### 5.1 Detalhes de Implementação

#### 5.1.1 Tecnologias Utilizadas

Esta seção apresenta detalhes da arquitetura do sistema proposto neste trabalho. O jogo de Bocha foi desenvolvido no Unity 3D utilizando o dispositivo HTC Vive envolvendo vários componentes e etapas para criar uma experiência de Realidade Virtual. A seguir, são descritas ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do sistema:

- Unity 3D: é um motor de jogo amplamente utilizado para desenvolvimento de jogos, incluindo jogos de Realidade Virtual. Ele oferece uma interface de desenvolvimento intuitiva e recursos poderosos para criar mundos virtuais interativos.

- **HTC Vive:** é um headset de Realidade Virtual que consiste em um visor de alta resolução e sensores de rastreamento de movimento. Ele permite que os jogadores mergulhem em um ambiente virtual e interajam com ele por meio de controles de movimento.
- **Controladores:** O HTC Vive vem com controladores de mão (chamados de "Vive Controllers") que rastreiam os movimentos das mãos e dos dedos dos jogadores. Esses controladores são usados para manipular objetos virtuais, interagir com o ambiente e realizar ações no jogo.
- **Sensores de rastreamento:** O HTC Vive possui sensores de rastreamento externos (geralmente posicionados nas paredes ou suportes) que acompanham a posição e a rotação do headset e dos controladores em tempo real. Isso permite que o jogador se movimente no espaço físico e veja esses movimentos refletidos no ambiente virtual.
- **Cenário e objetos virtuais:** No Unity 3D é possível criar o cenário virtual do jogo, incluindo terrenos, construções, personagens e outros objetos interativos. Isso envolve modelagem 3D, texturização, animação e programação para dar vida aos elementos virtuais.
- **Mecânicas de jogo:** As mecânicas de jogo são as regras e interações que definem a experiência de jogo. Isso pode incluir movimentação do jogador, interações com objetos, combate, quebra-cabeças, missões e outras atividades. No Unity 3D, foi implementado as mecânicas de jogo por meio de scripts na linguagem de programação C#.
- **Integração do HTC Vive:** O Unity 3D oferece suporte nativo ao HTC Vive por meio de um kit de desenvolvimento (SDK) específico. Isso permite que você

---

integre os recursos do HTC Vive em seu jogo, como o rastreamento de movimento dos controladores, a posição do headset e os eventos de interação.

- Programação de eventos e interações: Com o Unity 3D e o SDK do HTC Vive foram criados eventos e interações específicas para aproveitar os recursos do headset e dos controladores.

### 5.1.2 Ambiente de desenvolvimento e Elementos do Jogo

Como suporte para o funcionamento do controle HTC VIVE, foram utilizadas as plataformas Vive Pro (HTC, 2018) e o SteamVR (VALVE, 2021). Os elementos do jogo são: personagens, objetos, cenários, efeitos sonoros e música. Esta ferramenta permite a criação de modelos em 3D, como Blender ou Maya, ou usar objetos pré-existentes disponíveis em lojas online ou na Asset Store do Unity.

A lógica do jogo é implementada por meio de *scripts*, no qual foi utilizada a linguagem C# para programação, sendo que os *scripts* são anexados aos objetos do jogo para controlar seu comportamento.

A base para o arremesso da bola pelo paciente está dentro do plugin do SteamVR, conforme mostrado no código da Figura 44. Os elementos do código foram desenvolvidos na plataforma Unity Game Engine, considerando os seguintes elementos:

- MonoBehaviour: trata-se da classe central da qual todos os scripts derivam. É essencial no início de desenvolvimento de cada script para a Unity.
- GameObject: trata-se de um termo genérico para designar um objeto dentro de uma cena. Com isso, tudo que é classificado como GameObject pode ser compreendido como um elemento do jogo.
- FixedJoint: Trata-se da definição de uma junta, sendo esta responsável por unir dois GameObjects dotados de um elemento Rigidbody. É importante citar que

existem diversos tipos de Joints (ex. FixedJoint, HingeJoint, SpringJoint, etc). No caso da FixedJoint, como o próprio nome diz, é uma junta de caráter fixo

- Text: trata-se de um objeto do jogo que passa um valor textual (String). Comumente utilizado no Canvas da Unity para implementar elementos de HUD (componente em jogos digitais que exibe informações importantes sobre o jogo na tela, em frente aos objetos do jogo.)

O termo prefab (utilizado no caso da figura para dar nome à um GameObject) é comumente utilizado dentro da Unity para designar um objeto pai que contém uma determinada pré-configuração.

Figura 44 - Script de arremesso da Bola

```
[RequireComponent(typeof(SteamVR_TrackedObject))]
public class SteamVR_TestThrow : MonoBehaviour
{
    public GameObject prefab;
    public Rigidbody attachPoint;
    public SteamVR_Action_Boolean spawn = SteamVR_Input.GetAction<SteamVR_Action_Boolean>
        ("InteractUI");

    SteamVR_Behaviour_Pose trackedObj;
    FixedJoint joint;

    int ballCount = 0;
    int ballCountReducao = 0;

    private bool scorePrinted = false;

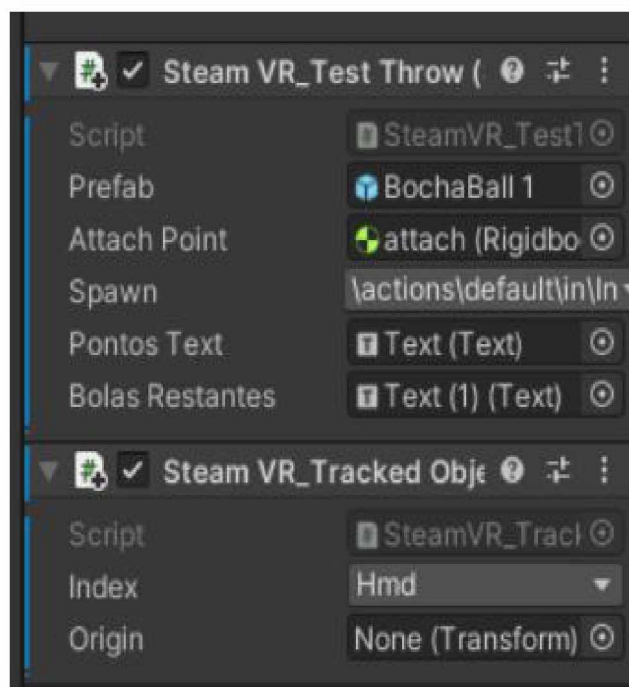
    private float p1_score = 0;
    private float med = 0;
    public Text pontosText;
    public Text bolasRestantes;

    private GameObject[] clones;
```



Posteriormente, foram definidas as variáveis para o funcionamento do jogo, como a *prefab* da bola e o ponto de fixação da bola na posição do controle HTC VIVE no ambiente (Figura 45).

Figura 45 - Variáveis do Jogo



Também foram definidas variáveis principais para a contagem das bolas e pontuação do jogador. No script principal do jogo da Figura 46, o método `FixedUpdate( )` contém a lógica principal do jogo de Bocha. Primeiramente, foi verificado se o jogador lançou menos de cinco bolas e se ele pode lançar uma nova. Se as condições são confirmadas, é criada uma bola nova no ponto de fixação dentro do jogo. Também é atualizada a contagem de bolas e é alterado na interface do usuário quantas bolas estão restando para o lançamento.

Após a confirmação do lançamento da bola, foi calculada a velocidade em que ela foi lançada para fazer a física da bola interagindo com a velocidade de lançamento do controle, através de cálculos realizados pelo *plugin* do Unity.

Se a contagem de bolas lançadas for igual a cinco e a pontuação não está sendo apresentada, é feito o cálculo da pontuação usando a posição de todas as bolas lançadas em referência da bola central. Em seguida, é calculado a média de distância em centímetros das bolas para mostrar na tela do jogo.

Figura 46 - Script Principal do Jogo.

```

private void FixedUpdate()
{
    // Verifica se o jogador lançou menos de cinco bolas e se pode lançar uma nova bola.
    if (ballCount < 5 && joint == null && spawn.GetStateDown(trackedObj.inputSource))
    {
        GameObject go = GameObject.Instantiate(prefab);
        go.transform.position = attachPoint.transform.position;

        joint = go.AddComponent<FixedJoint>();
        joint.connectedBody = attachPoint;

        // Atualiza a variável de contagem de bolas.
        ballCount++;
        ballCountReducao--;
        bolasRestantes.text = "Restam: " + ballCountReducao.ToString("#.") + " bolas";
        if (ballCountReducao == 0) {
            bolasRestantes.text = "Restam: 0 bolas";
        }
        Debug.Log(ballCount);
    }

    else if (joint != null && spawn.GetStateUp(trackedObj.inputSource))
    {
        GameObject go = joint.gameObject;
        Rigidbody rigidbody = go.GetComponent<Rigidbody>();
        Object.DestroyImmediate(joint);
        joint = null;

        Transform origin = trackedObj.origin ? trackedObj.origin : trackedObj.transform.parent;
        if (origin != null)
        {
            //alterado para 2f aumentando a velocidade
            rigidbody.velocity = origin.TransformVector(trackedObj.GetVelocity()) * 2f;
            rigidbody.angularVelocity =
                origin.TransformVector(trackedObj.GetAngularVelocity());
        }
        else
        {
            rigidbody.velocity = trackedObj.GetVelocity();
            rigidbody.angularVelocity = trackedObj.GetAngularVelocity();
        }

        rigidbody.maxAngularVelocity = rigidbody.angularVelocity.magnitude;
    }

    if (ballCount == 5 && !scorePrinted) //Caso a quantidade de jogadas acabe
    {
        //unir todas as bochas instanciadas em um array de objetos
        clones = GameObject.FindGameObjectsWithTag("BallTag");

        p1_score = 0;

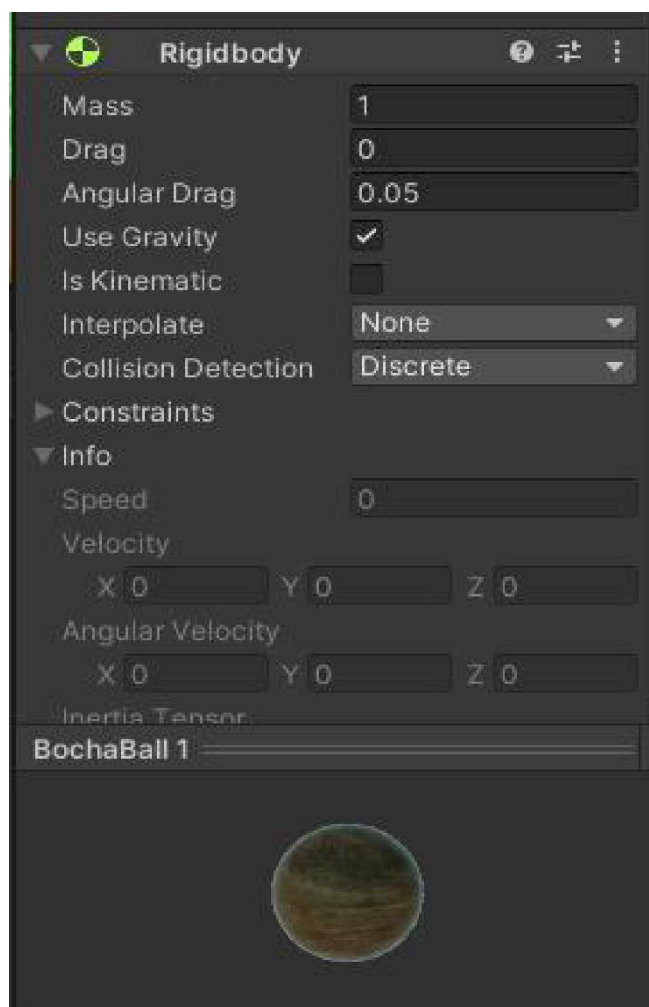
        //Leitura dos valores de distancia de cada bocha e o bolim
        for (int i=0; i<5; i++)
        {
            BallScript ball = clones[i].GetComponent<BallScript>();
            p1_score += ball.distanceB;
            if (!ball.isStopped) {
                return;
            }
        }

        //Cálculo da pontuação
        med = p1_score/5;
        float final_score = med * 100;
        Debug.Log("final score: " + final_score + " cm");
        pontosText.text = "Pontuação: " + final_score.ToString("#.") + " cm";
        scorePrinted = true;
    }
}

```

O Unity possui um motor de Física embutido que permite simular o movimento realista dos objetos e suas interações. Podem ser definidas as propriedades físicas, como gravidade, atrito e colisões, para criar um ambiente de jogo mais realista. Neste caso, foi utilizado um rigidbody na bola de bocha com as seguintes configurações da Figura 47.

Figura 47 - Propriedade Rigidbody.



No controle do jogo foi utilizado controle do HTC VIVE juntamente com os sensores dele. Para configuração do controle é necessário mudar alguns arquivos e baixar alguns programas, de acordo com o passo a passo:

1. Instalar o SteamVR
2. Instalar o Vive Pro
3. Substituir os seguintes arquivos:

<https://drive.google.com/file/d/1QL1TFDShdFNUBbkgJvN6rX6dW7dMHTj-/view?usp=sharing>

substituir em: C:\Program Files (x86)\Steam\steamapps\common\SteamVR\resources\settings

<https://drive.google.com/file/d/1bXzBwFhoRbZYno6RbevhlHsm2xpK9AEi/view?usp=sharing>

Alterar o nome para: default.vrsettings e substituir em: C:\Program Files (x86)\Steam\steamapps\common\SteamVR\drivers\null\resources\settings (cuidado, pois o nome é o mesmo, porem locais diferentes)

4. Finalmente, executar o setup do Vive Guide.

A seguir é apresentado um cenário de simulação de lançamento de uma bola no serious game de Bocha. A Figura 48 mostra o início do lançamento de uma bola com o braço para trás segurando o dispositivo VIVE em sua mão.

Figura 48 - Simulação do Jogo, braço para trás - Início do Lançamento



Quando o usuário pressionar o botão de disparo no controlador VIVE, uma nova bola será instanciada no aplicativo e lançada na direção em que o controlador está apontando. Neste momento, é chamado o código de lançamento da bola mostrado na Figura 49. Quando o usuário pressiona o botão de disparo no controlador VIVE, isso desencadeia uma ação de uma nova bola ser criada (instanciada) no ambiente virtual do jogo. Essa bola é então lançada na direção para a qual o controlador VIVE está apontando.

Figura 49 - Código fonte C# do lançamento da bola

```
1
2 if (joint != null && spawn.GetStateUp(trackedObj.inputSource))
3 {
4     // Cria uma referência para o objeto associado à junção (joint)
5     GameObject go = joint.gameObject;
6     // Obtém o componente Rigidbody do objeto
7     Rigidbody rigidbody = go.GetComponent<Rigidbody>();
8     // Remove imediatamente a junção (joint)
9     Object.DestroyImmediate(joint);
10    // Define a junção (joint) como nula
11    joint = null;
12
13    // Verifica se há uma origem de movimento (trackedObj.origin) ou um pai (trackedObj.transform.parent)
14    Transform origin = trackedObj.origin ? trackedObj.origin : trackedObj.transform.parent;
15    if (origin != null)
16    {
17        // Se houver uma origem, define a velocidade e velocidade angular do Rigidbody com base na velocidade do movimento
18        // do objeto (trackedObj) multiplicada por 2f e transformada pela matriz de transformação da origem (origin)
19        rigidbody.velocity = origin.TransformVector(trackedObj.GetVelocity()) * 2f;
20        rigidbody.angularVelocity = origin.TransformVector(trackedObj.GetAngularVelocity());
21    }
22    else
23    {
24        // Caso contrário, define a velocidade e velocidade angular do Rigidbody com base na velocidade do movimento
25        // do objeto (trackedObj)
26        rigidbody.velocity = trackedObj.GetVelocity();
27        rigidbody.angularVelocity = trackedObj.GetAngularVelocity();
28    }
29
30    // Define a velocidade angular máxima do Rigidbody com base na magnitude da velocidade angular atual
31    rigidbody.maxAngularVelocity = rigidbody.angularVelocity.magnitude;
32 }
```

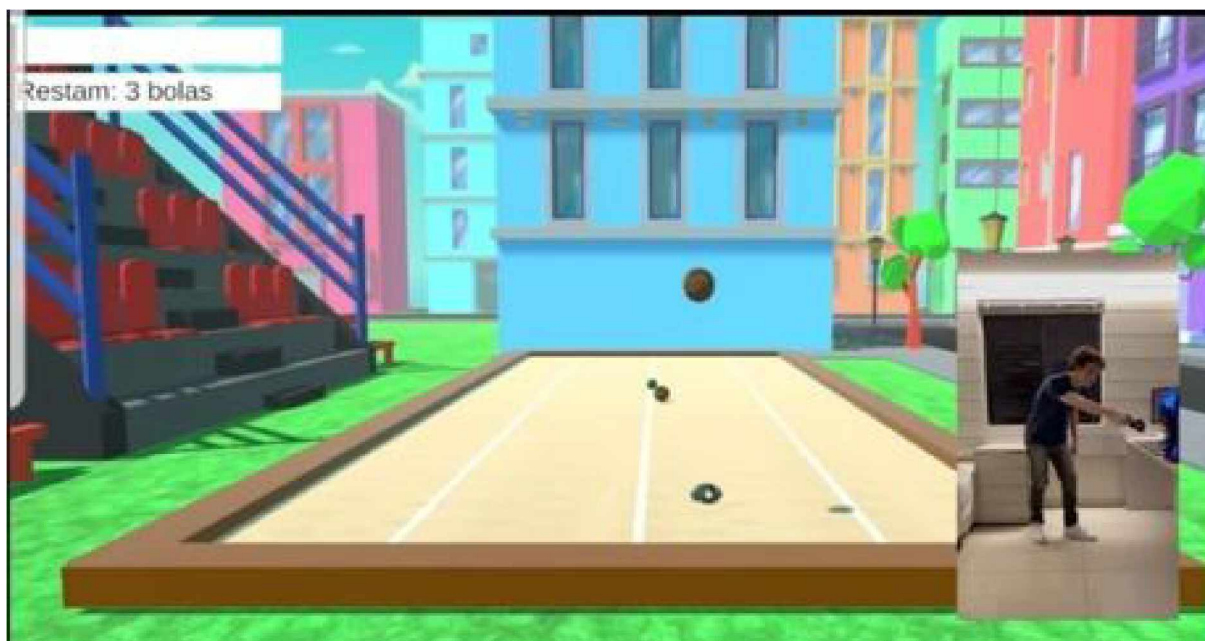
---

Este código mostra que o sistema calcula a velocidade de movimento do lançamento da bola, com a lógica a seguir:

- O primeiro bloco verifica se a variável "joint" não é nula e se ocorreu um evento de soltar o botão no objeto "spawn", usando o "inputSource" do "trackedObj".
- Em seguida, cria uma referência para o objeto Bola associado à junção (joint) e obtém o componente Rigidbody desse objeto.
- A junção (joint) é removida imediatamente e sua referência é definida como nula. Isso acontece para parar a bolinha de se fixar com o controle para que ela possa se soltar e ser lançada.
- Depois disso, verifica-se se há uma origem de movimento (trackedObj.origin) ou um pai (trackedObj.transform.parent). A origem é usada para transformar as velocidades em relação a ela.
- Se houver uma origem, a velocidade e a velocidade angular do Rigidbody são definidas com base na velocidade do movimento do objeto (trackedObj) multiplicada por 2f (fator que o UNITY aplica para definir a força padrão de lançamento de um objeto, onde o numeral varia de acordo com o nível de força padrão a ser empregada) e transformada pela matriz de transformação da origem (origin). Este código foi construído como um ajuste realizado para a bola fluir melhor. Caso não haja uma origem, a velocidade e a velocidade angular do Rigidbody são definidas com base na velocidade do movimento do objeto (trackedObj) diretamente. Essa verificação e manipulação das velocidades com base na origem são usadas para garantir que o objeto rastreado tenha velocidades corretas quando estiver sendo manipulado em relação a uma origem específica ou a um objeto pai (controle do VIVE).
- Por fim, a velocidade angular máxima do Rigidbody é definida com base na magnitude da velocidade angular atual.
- A força é determinada pela interação entre a massa (que permanece constante), a velocidade e a distância percorrida pela bocha virtual.

Após a execução deste código, o usuário estará com o braço para frente que indica o fim do lançamento da bola, conforme ilustrado na Figura 50.

Figura 50 - Simulação do Jogo, braço para frente - Fim do Lançamento.



## 5.2 Considerações Finais

Este capítulo apresentou alguns detalhes de implementação do sistema proposto. Os requisitos propostos inicialmente para o sistema foram desenvolvidos.

Os quesitos referentes aos sintomas bradicinesia e rigidez são avaliados no sistema através do cálculo da velocidade de lançamento da bola no jogo de Bocha, sendo um dos pontos importantes de contribuição deste trabalho. Uma vez que a velocidade com que o objeto virtual é lançado sofre influência direta desses dois fatores. A força é calculada como resultante da relação da massa, cujo valor é fixo, velocidade e a distância percorrida pela bocha virtual. Como se trata de cinco

lançamentos optou-se por utilizar as médias das velocidade e distância percorridas pelo objeto para o cálculo de força.

No próximo Capítulo serão apresentados os resultados dessa pesquisa.



---

# Capítulo 6

## Resultados e Discussão

Este capítulo apresenta os resultados alcançados da aplicação do sistema proposto em sua versão atual. Para avaliar a potencialidade da ferramenta proposta, foi aplicado um questionário a profissionais da saúde que tratam de pacientes com Doença de Parkinson. O questionário visou avaliar quesitos como facilidade de uso da ferramenta, medição de elementos como bradicinesia e força, possibilidade de adoção por parte em tratamento clínico, dentre outros quesitos.

Aqui, é apresentada a metodologia adotada para realizar essa avaliação e os resultados obtidos nesta pesquisa, apresentando informações referentes às suas etapas, às amostras selecionadas e aos instrumentos de coleta de dados, bem como discute-se, por meio de gráficos, a estatística do questionário aplicado.

### 6.1 Metodologia da Avaliação

A fim de cumprir o objetivo de avaliar o potencial da aplicação do sistema proposto, foi utilizada uma amostra de 13 profissionais da saúde habilitados para realizar, em suas áreas de atuação, o diagnóstico e/ou o tratamento de pacientes com DP e que se dispuseram voluntariamente a participar do processo de avaliação, atuando em instituições acadêmicas e particulares como segue: Universidade Federal

do Paraná (1), Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa do Hospital Israelita Albert Einstein (1), IPEMED São Paulo/SP (1), Universidade Federal de Uberlândia (5), Clínica Soma Saúde – Uberlândia/MG (2), IME Clínica Cidadã – Uberlândia/MG (2) e Associação Parkinson do Triângulo – Uberlândia/MG (1).

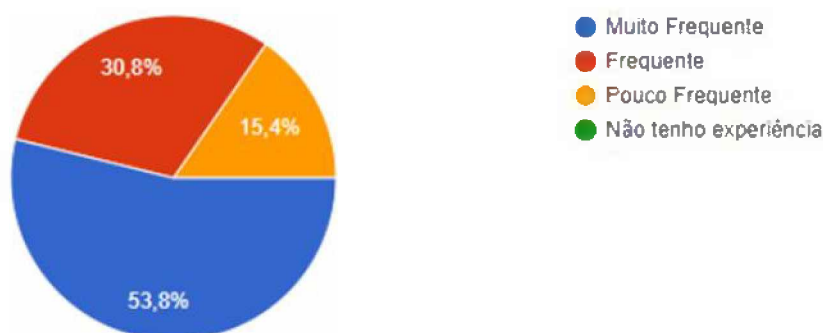
O processo de avaliação consistiu no envio de um breve texto explicativo sobre o projeto, a apresentação de um vídeo do jogo em execução e um formulário com oito perguntas (Anexo A). Esta avaliação se trata de parecer técnico e neste caso não se aplicou envio ao Comitê de Ética por que não se trata de experiência ou experimento com paciente propriamente dito. O vídeo de demonstração foi feito durante teste de interação entre a dispositivo VIVE e o aplicativo, em que interface é operada por um membro da equipe de desenvolvimento.

## 6.2 Resultados

A primeira pergunta diz respeito a com que frequência esses profissionais atendem paciente portadores de DP. A Figura 51 mostra um gráfico sobre a frequência que o profissional da saúde trata pacientes com Doença de Parkinson. Este gráfico foi realizado para mostrar que os profissionais tinham experiência significativa (em torno de 70%) no diagnóstico e/ou tratamento de pacientes com DP. Ou seja, conclui-se que mesmo que os profissionais que responderam ao questionário estejam qualificados para tratar pacientes com DP, a frequência não é homogênea.

Figura 51 - Com que frequência atende pacientes com DP?

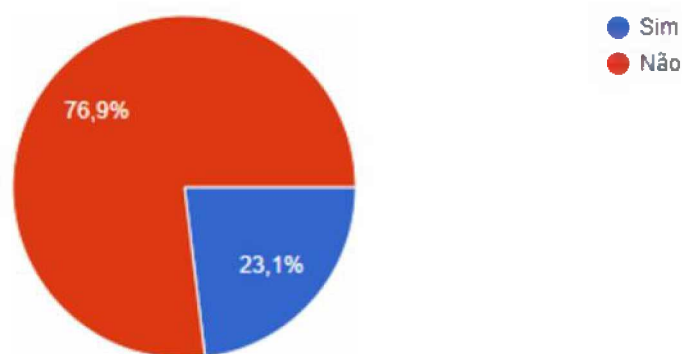
13 respostas



A pergunta “Conhece a utilização de Jogos Sérios para Tratamento Não farmacológico de pacientes com Doença de Parkinson?” deixou evidente o desconhecimento por parte da maioria dos profissionais a respeito dessa modalidade de recurso terapêutico, como mostra a Figura 52. As hipóteses para a obtenção deste resultado poderão ser tratadas ou investigadas em pesquisa específica. Contudo, cabe destaca-se que a área de jogos sérios, associados à RV, para o tratamento de muitas doenças, incluindo a Doença de Parkinson, é relativamente nova e ainda está em fase de pesquisa e desenvolvimento. Alguns jogos sérios ainda não passaram por processos de aprovação e regulamentação específicos para serem utilizados como tratamentos médicos. Isso pode levar a uma relutância por parte dos profissionais de saúde em recomendá-los sem garantias sobre sua segurança e eficácia.

Figura 52 - Conhece a utilização de Jogos Sérios para Tratamento Não farmacológico de pacientes com Doença de Parkinson?

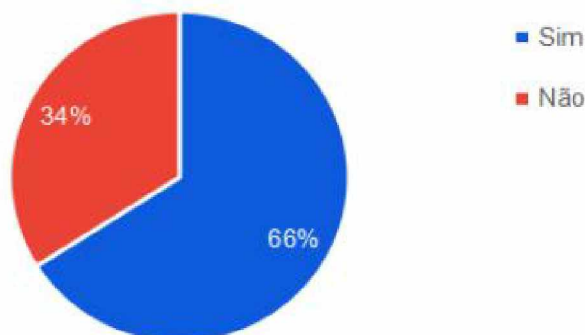
13 respostas



Entre os avaliadores que informaram conhecimento da indicação de jogos sérios no tratamento não farmacológico da DP, somente 66% (Figura 53) indicaram o uso efetivo desses jogos. Entretanto, a análise das respostas dissertativas apresentadas pelos mesmos evidenciou que os jogos utilizados não preenchem critérios de jogos sérios em ambiente de Realidade Virtual, se tratando apenas de jogos embarcados em equipamentos/consolos de jogos eletrônicos destinados exclusivamente ao entretenimento, sem nenhum processo de treinamento ou

reabilitação. Portanto, não houve efetiva aplicação de jogos sérios nos pacientes tratados.

Figura 53 - Já aplicou ou indicou a utilização de Jogos Sérios para algum paciente com Doença de Parkinson?



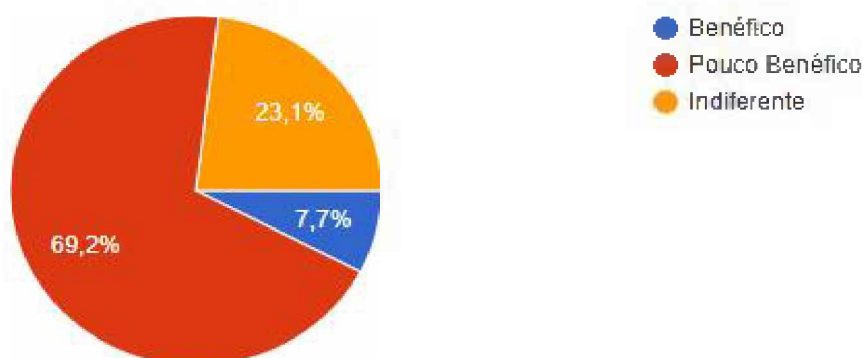
A seguir, são apresentadas as respostas dos avaliadores com relação aos sintomas, sinais e métodos de avaliação cardiais da DP.

No que diz respeito ao tremor, ficou evidente que o jogo de Bocha em RV proporciona pouco benefício (69,2%) ou nenhum benefício (23,1%) para tratamento em pacientes com DP, em função da dificuldade de capturar as oscilações de movimento desencadeadas pelo tremor durante a prática do jogo (Figura 54).

Figura 54. Como avalia a aplicação de Jogos Sérios (Serious Games) em ambientes de RV no tratamento não farmacológico da DP no que diz respeito ao sintoma de Tremor?

## Tremor

13 respostas



Outros sintomas da DP são a bradicinesia, caracterizada pela lentidão na execução de movimentos voluntários, e a rigidez que frequentemente acontece associada à bradicinesia e é caracterizada pela incapacidade dos músculos relaxarem, acometendo cerca de 90% dos pacientes em algum momento da doença.

Com relação a bradicinesia (Figura 55) e a rigidez (Figura 56), a maioria dos avaliadores perceberam benefício real no tratamento dessas manifestações da DP, mesmo que para alguns o benefício tenha sido limitado.

Figura 55. Como avalia a aplicação de Jogos Sérios (Serious Games) em ambientes de RV no tratamento não farmacológico da DP no que diz respeito ao sintoma de Bradicinesia?

#### Bradicinesia

13 respostas

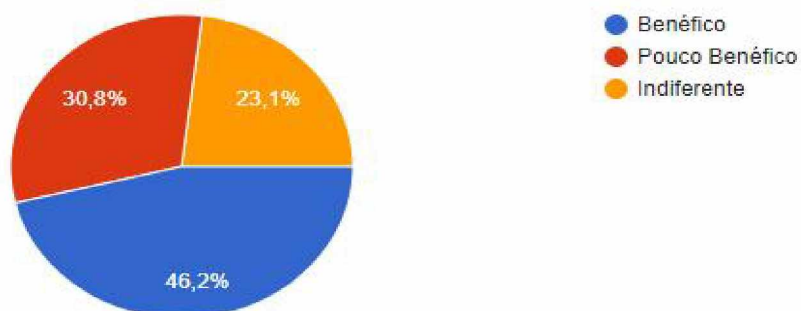
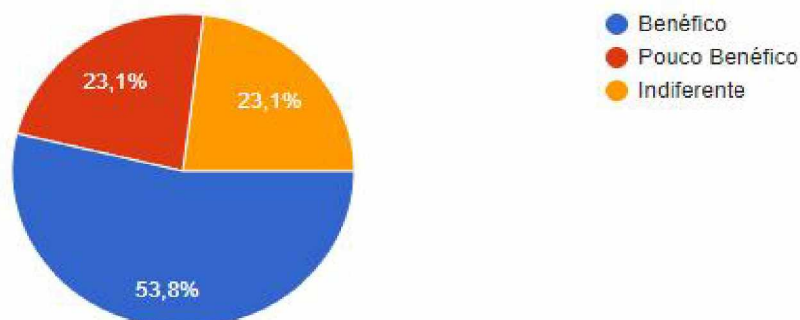


Figura 56. Como avalia a aplicação de Jogos Sérios (Serious Games) em ambientes de RV no tratamento não farmacológico da DP no que diz respeito ao sintoma de Rigidez?

#### Rigidez

13 respostas

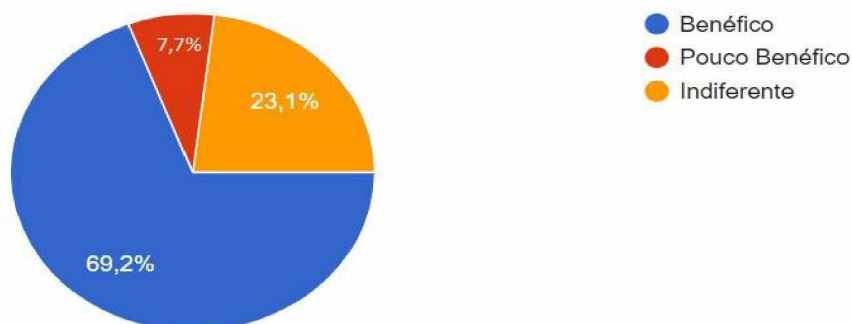


Pacientes com DP apresentam sérios problemas de equilíbrio, tanto estático como dinâmico. Tal fato está relacionado com a bradicinesia e a rigidez, resultando na possibilidade de quedas frequentes desses pacientes, podendo ainda provocar lesões graves. O tratamento do equilíbrio é importante para diminuir a incidência de acidentes dos pacientes e, conseqüentemente, reduzir o custo social desses eventos. Neste caso, de acordo com o gráfico da Figura 57, os avaliadores em sua maioria, consideram que este trabalho é efetivamente benéfico para o tratamento do equilíbrio dos pacientes com DP. Ao analisar as repostas por cada profissional, observou-se que aqueles que foram indiferentes estão entre os que possuem falta de experiência com jogos sérios.

Figura 57. Como avalia a aplicação de Jogos Sérios (Serious Games) em ambientes de RV no tratamento não farmacológico da DP no que diz respeito ao sintoma de Equilíbrio?

#### Equilíbrio

13 repostas

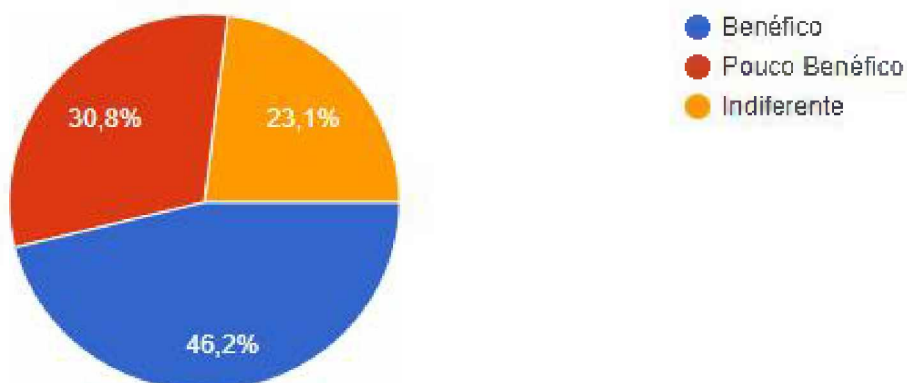


A força muscular, um dos objetivos deste projeto, favorece a estabilidade postural do paciente com DP. O fortalecimento dos músculos por meio de exercícios de força, principalmente, dos agrupamentos musculares das pernas e do tronco, pode melhorar a estabilidade, reduzir o risco de quedas, melhorar a confiança do paciente ao andar e ainda facilitar a execução de atividades da vida diária. A partir da visualização da apresentação em vídeo do projeto, 46,2% dos avaliadores (Figura 58) perceberam benefício nesse quesito. A análise da percepção de 30,8% dos avaliadores que considerou haver pouco benefício foi influenciada pelo fato da avaliação ter sido realizada a partir de um vídeo explicativo.

Figura 58. Como avalia a aplicação de Jogos Sérios (Serious Games) em ambientes de RV no tratamento não farmacológico da DP no que diz respeito ao sintoma de Força?

## Força

13 respostas

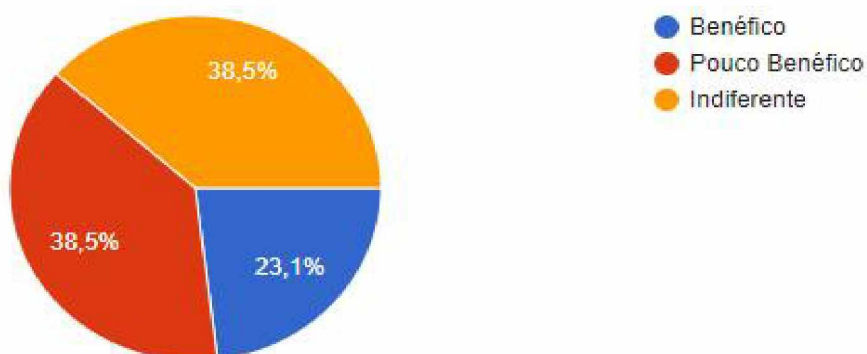


O escopo do projeto não contempla a aplicação em pacientes na fase avançada da doença, onde é encontrado o sintoma de *freezing* ou congelamento. A percepção dos avaliadores é de que o projeto proporcionará pouco (38,5%) ou nenhum benefício (38,5%) desse sintoma (Figura 59). O *freezing* é um sintoma complexo, multifacetado e ainda não há uma compreensão completa de todos os fatores que o causam, o que dificulta o desenvolvimento de abordagens de tratamento específicas e eficazes. Tendo em vista as peculiaridades do sintoma, tornou-se tema para trabalhos futuros.

Figura 59. Como avalia a aplicação de Jogos Sérios (Serious Games) em ambientes de RV no tratamento não farmacológico da DP no que diz respeito ao sintoma de Freezing?

### Freezing

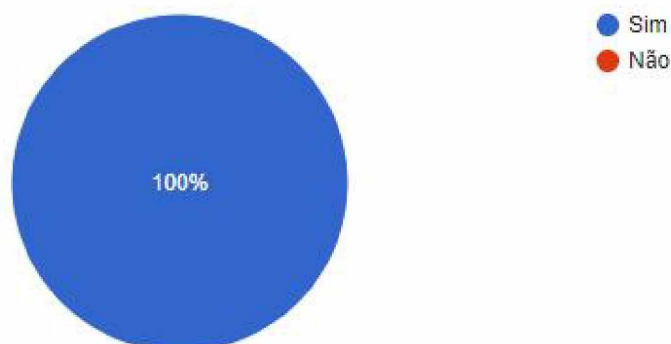
13 respostas



A proposta de utilizar o Jogo Sérico de Bocha em Ambiente de Realidade Virtual para tratamento não farmacológico da Doença de Parkinson, foi considerada válida por 100% dos profissionais, tendo em vista os benefícios significativos na bradicinesia, na rigidez e no equilíbrio (Figura 60). Este valor expressado pelos avaliadores mostra que tratar destes sintomas em sistemas baseados em jogo sério e RV possuem grande potencial para uso clínico, garantindo-se uma melhor maneira de suportar estas características.

Figura 60 - O sistema apresentado pode ser avaliado como opção de tratamento não farmacológico da DP?

13 respostas





### 6.3 Considerações finais

Ao analisar as repostas dos avaliadores, conclui-se que o projeto se mostrou relevante quanto a possibilidade de reabilitação/tratamento da Doença de Parkinson, por meio das técnicas computacionais propostas. Tal fato apresenta-se como um passo encorajador na busca por abordagens inovadoras e eficazes para melhorar a qualidade de vida e o bem-estar desses indivíduos. A contínua pesquisa e desenvolvimento nesse campo podem levar a avanços significativos na área da saúde e, caso específico, pacientes com doenças neurológicas.

É evidente, baseado nos questionários, que as limitações identificadas e as melhorias propostas precisam ser providenciadas para se garantir um melhor uso clínico da ferramenta no dia a dia de pacientes e profissionais de saúde que lidam com a Doença de Parkinson.

O próximo capítulo apresenta as conclusões e sugestões de trabalhos futuros desta pesquisa.

---

# Capítulo 7

## Conclusões e Trabalhos Futuros

Este capítulo apresenta as conclusões alcançadas por meio desta pesquisa. Muitas destas conclusões foram evidenciadas nos questionários, gráficos e comentários apresentados no capítulo anterior.

Igualmente, são propostos itens para trabalhos futuros, no sentido de buscar um maior aprimoramento das técnicas computacionais aqui propostas, a fim de aproximar o uso de ferramentas similares em clínicas e consultórios de reabilitação de pacientes com Doença de Parkinson.

### 7.1 Conclusões

O tratamento não farmacológico é importante na Doença de Parkinson, fornecendo uma abordagem abrangente quando aplicado em conjunto com a terapia medicamentosa. Essa abordagem multidisciplinar melhora a funcionalidade, o bem-estar emocional e a qualidade de vida dos indivíduos afetados pela doença, proporcionando suporte adaptado às necessidades específicas dos pacientes.

Pesquisas e experiências baseadas na utilização de Jogos Sérios em ambiente de Realidade Virtual (RV) voltadas para o tratamento não farmacológico da Doença de Parkinson ainda é recente, apesar dos avanços da tecnologia e dos benefícios que essa tecnologia oferece.

A pesquisa apresentada nesta dissertação demonstrou que o Unity, enquanto “*game engine*”, é eficiente para desenvolvimento do Jogo de Bocha em ambiente de Realidade Virtual. Ainda, sua utilização na criação de sistemas desta natureza que visam melhorar a funcionalidade motora, cognitiva e emocional dos pacientes torna possível análises quantitativas e qualitativas individualizadas, acompanhamento personalizado e adaptado ao estágio e limitações de cada paciente.

O jogo sério de Bocha em ambiente de Realidade Virtual se mostrou inovador para o tratamento não farmacológico de pacientes portadores de DP, pelo fato de combinar a interatividade lúdica com os benefícios terapêuticos, apresentando potencial para aperfeiçoar a mobilidade (bradicinesia, rigidez), força muscular, equilíbrio e a qualidade de vida dos indivíduos afetados por esta condição neurodegenerativa. É essencial ressaltar que o sistema proposto deve ser indicado como complemento aos tratamentos convencionais, não substituindo a terapia medicamentosa ou outras intervenções médicas prescritas. A aplicação disponibiliza exercícios virtuais, de acordo com as necessidades e limitações de cada paciente, fundamentais para alcançar os melhores resultados.

A Tabela 2 demonstra que os trabalhos de referência são inequivocamente de grande valor no diagnóstico e tratamento não farmacológico da DP, mas a contribuição deste projeto estende o espectro do tratamento não farmacológico para além da bradicinesia e da rigidez ao proporcionar incremento da força muscular e do equilíbrio dos pacientes. Indo além, fornece ao profissional envolvido no acompanhamento de informações de caráter quantitativo a respeito da evolução do paciente em relação a bradicinesia, rigidez, força e parâmetros qualitativos em relação ao equilíbrio do paciente. Portanto, acredita-se que o suporte para análise destes sintomas da DP apresenta-se como potencial ferramenta para tratamento e acompanhamento objetivo não farmacológico do paciente.

Tabela 2. Comparação do projeto com os trabalhos relacionados

TRABALHOS	TECNOLOGIAS E CARACTERÍSTICAS										
	Realidade Virtual Imersiva	Realidade Virtual Não Imersiva	Serious Game	Tremor	Bradicinesia	Rigidez	Equilíbrio	Força Muscular	AVD	Doença de Parkinson	Paralesia
(LUGO, 2017)		*	*	*					*	*	
(PACHOULAKIS, 2016)		*	*		*	*			*	*	
(BENIM, et al, 2021)		*	*						*		*
(ANDRADE et al., 2023)	*	*	*	*	*	*			*	*	
(TOLDO, FELICIO, et al, 2023)		*							*	*	
Este trabalho (2023)	*	*	*		*	*	*	*	*	*	

A partir das informações obtidas nesta pesquisa, conclui-se que as avaliações quantitativas desempenham papel fundamental na eficácia e eficiência do processo de reabilitação, cuja inclusão permite uma compreensão mais abrangente e objetiva do progresso do paciente ao longo do tempo, auxiliando os profissionais envolvidos no tratamento a tomar decisões.

Portanto, este projeto confirma a necessidade de avaliações quantitativas e o emprego de jogos sérios em Realidade Virtual como abordagem no tratamento não farmacológico da DP. Isto porque essa sinergia proporciona resultados mais assertivos no tratamento não farmacológico, melhorando assim a qualidade de vida dos indivíduos afetados pela DP. Além disso, destaca-se a importância de que sistemas desta natureza precisam suportar os elementos apresentados na Tabela 2 para que seu uso seja mais eficaz no tratamento não farmacológico de pacientes com a Doença de Parkinson.

A prática desportiva atua como uma possibilidade de integração e inclusão social, que colabora com a reabilitação física, social e psicológica do indivíduo. Acredita-se que a disponibilização de um jogo de bocha nos termos descritos neste trabalho contribui para este fim.

## 7.2 Trabalhos Futuros

Após análise das avaliações do sistema feita por profissionais que lidam com pacientes com a Doença de Parkinson, os seguintes trabalhos futuros são propostos:

- (1) realizar experimento do jogo de Bocha em ambiente RV com pacientes reais (*"in anima nobili"*), onde os dados coletados durante as simulações podem ser analisados para entender melhor o processo de reabilitação dos pacientes e avaliar os seus reais benefícios terapêuticos.
- (2) implementar o uso de Inteligência Artificial com o jogo de Bocha em ambiente RV para aprimorar a experiência dos pacientes, visando uma personalização do tratamento. Além disso, acredita-se que esta técnica permitirá adequações em tempo real em resposta ao desempenho e/ou perfil do paciente.
- (3) desenvolver novas interfaces de interação, ambientes/cenários e fases do jogo, uma vez que é uma prática essencial para manter o jogo relevante, interessante e atraente para os jogadores (pacientes).
- (4) evoluir registro de dados e indicadores quantitativos do paciente, disponibilizando na interface do jogo as informações pertinentes à avaliação em tempo real.
- (5) desenvolver tele monitoramento do jogo, o que pode trazer benefícios significativos ao acompanhamento e cuidado com os pacientes, permitindo que os profissionais de saúde monitorem a distância o progresso dos mesmos.
- (6) pesquisar a utilização de jogos sérios de Bocha em ambiente de Realidade Virtual no tratamento não farmacológico do em pacientes portadores de DP que apresentam *Freezing*.
- (7) pesquisar a utilização de jogos sério de Bocha em ambiente de Realidade Virtual no tratamento não farmacológico do Tremor em pacientes portadores de DP.
- (8) enviar o projeto ao Código de Ética para realização de experimentos.
- (9) desenvolver uma tela de score no jogo para acompanhamento do médico ou fisioterapeuta.

- (10) utilizar a a velocidade média online para detectar fadiga do paciente.
- (11) adequar o arcabouço do sistema para melhor capturar o Tremor, com inserção de novos equipamentos (sensores, acelerômetros e osciloscópios).

---

## Referências

ANALYTICS, T. W. **Analytics with Statistics for your Website**. 2023. Disponível em: <https://www.trendcounter.com>. Acesso em: 02/02/2023.

ARROXELLAS, R. D. D.; ROMANO, R. G.; CYMROT, R.; BLASCOVI-ASSIS, S. M. Bocha adaptada: análise cinemática do arremesso e sua relação com a realidade virtual. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, 39, p. 160-167, 2017.

AYED, I.; GHAZEL, A.; JAUME-I-CAPÓ, A.; MOYÀ ALCOVER, G. *et al.* Vision-Based Serious Games and Virtual Reality Systems for Motor Rehabilitation: A Review Geared Toward a Research Methodology. **International Journal of Medical Informatics**, 131, 2019.

BASTOS, M. L.; SANTOS, A. A. D. S.; FELIX, Z. C., 2017, Curitiba – PR. **Turtle Therapy: Um Jogo Sério para o auxílio no tratamento pós-AVC SBC** – Proceedings of SBGames, 2017.

BEDWELL-TORRES, W. L.; PAVLAS, D.; HEYNE, K.; LAZZARA, E. *et al.* Toward a Taxonomy Linking Game Attributes to Learning An Empirical Study. **Simulation & Gaming**, 43, p. 729-760, 2012.

BENIM, S.; BERKMAN, M.; CATAK, G. **Design Process of a VR Sports Games Trilogy for Paraplegic Players: VR4Inclusion Case Study**. 2021.

BERGERON, B. P. **Developing Serious Games**. Charles River Media, 2006. 9781584504443.

BISFED. **Boccia International Sports Federation** 2023. Disponível em: <https://usaboccia.org/boccia-international-sports-federation-bisfed/>. Acesso em: 23/07/2023.

BONNECHÈRE, B.; OMELINA, L.; VAN SINT JAN, S. Rehabilitation of neurologic patient using serious games, from theory to practice. *Physiotherapy*, 101, p. e162-e163, 2015.

BRAAK, H.; BRAAK, E. Pathoanatomy of Parkinson's disease. *J Neurol*, 247, n. 2, 2000.

BRAAK, H.; DEL TREDICI, K.; RÜB, U.; DE VOS, R. A. *et al.* Staging of brain pathology related to sporadic Parkinson's disease. *Neurobiol Aging*, 24, n. 2, p. 197-211, 2003.

BRAAK, H.; GHEBREMEDHIN, E.; RÜB, U.; BRATZKE, H. *et al.* Stages in the development of Parkinson's disease-related pathology. *Cell Tissue Res*, 318, n. 1, p. 121-134, 2004.

BURDEA, G. Virtual Rehabilitation – Benefits and Challenges. *Methods of Information in Medicine*, 42, p. 519-523, 2003.

CARDOSO, A.; EDGARD LAMOUNIER, J.; LIMA, G. F. M. D.; PRADO, P. R. D. *et al.* VRCEMIG: a novel approach to power substation control. *In: ACM SIGGRAPH 2016 Posters*, 2016, Anaheim, California. 2945081: ACM, p. 1-2. DOI: 10.1145/2945078.2945081.

CARDOSO, A.; KIRNER, C.; LAMOUNIER, E. **Tecnologias para o desenvolvimento de sistemas de realidade virtual e aumentada.** Editora Universitária UFPE, 2007. 9788573154009.

CARDOSO MENDES, L.; ABREU ROSA DE SÁ, A.; ALVES MARQUES, I.; MORÈRE, Y. *et al.* RehaBEElitation: the architecture and organization of a serious game to evaluate motor signs in Parkinson's disease. *PeerJ Comput Sci*, 15, n. 9, p. eerj-cs, 2023.



CHUNG, K. K.; ZHANG, Y.; LIM, K. L.; TANAKA, Y. *et al.* Parkin ubiquitinates the alpha-synuclein-interacting protein, synphilin-1: implications for Lewy-body formation in Parkinson disease. *Nat Med*, 7, n. 10, p. 1144-1150, 2001.

COSTA, S.; BOURGET, J.; JABLONSKI, G.; MAIRE, L. *et al.* Ergonomic Evaluation of an Active Wrist Orthosis for the Treatment of Muscular Rigidity in Individuals with Parkinson's Disease. *In*, 2019. p. 635-640.

DE LAU, L. M.; BRETELER, M. M. Epidemiology of Parkinson's disease. *Lancet Neurol*, 5, n. 6, p. 525-535, 2006.

DE RIJK, M. C.; TZOURIO, C.; BRETELER, M. M.; DARTIGUES, J. F. *et al.* Prevalence of parkinsonism and Parkinson's disease in Europe: the EUROPARKINSON Collaborative Study. European Community Concerted Action on the Epidemiology of Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 62, n. 1, p. 10-15, 1997.

DIETLEIN, C.; BOCK, B. N. Recommendations on the Design of Serious Games for People with Dementia. *EAI Endorsed Transactions on Game-Based Learning*, 5, p. 159528, 2019.

DODEL, R. C.; SINGER, M.; KÖHNE-VOLLAND, R.; SZUCS, T. *et al.* The economic impact of Parkinson's disease. An estimation based on a 3-month prospective analysis. *Pharmacoeconomics*, 14, n. 3, p. 299-312, 1998.

DR. FABIANO DE ABREU AGRELA, R. Relação da realidade virtual com o processo de memorização e aprendizagem - relationship of virtual reality with the memorization and learning process. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6, n. 1, 2022.

ELOR, A.; TEODORESCU, M.; KURNIAWAN, S. Project Star Catcher: A Novel Immersive Virtual Reality Experience for Upper Limb Rehabilitation. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 11, p. 1-25, 2018.

---

ESTEREOSCOPIO. **Estereoscópio (dicionário)**. 2021. Disponível em: <https://mercadonegroantiguidades.com.br/estereoscopio>.

FEARNLEY, J. M.; LEES, A. J. Ageing and Parkinson's disease: substantia nigra regional selectivity. **Brain**, 114, n. Pt 5, p. 2283-2301, 1991.

FUTURE. **Behind Disney Research Realidade Virtual**. 2023. Disponível em: <https://www.futurebehind.com/disney-research-realidade-virtual>. Acesso em: 15/03/2023.

GAME. **Mulheres Fortes**. 2023. Disponível em: <https://girlsofwar.com.br/amazing-alex-novo-game-dos-criadores-de-angry-birds>. Acesso em: 03/06/2023.

GOBBO, M. R. D. M.; BARBOSA, C. R. S. C. D.; MAFORT, M. M. F.; MIONI, J. L. V. M., 2018, Foz do Iguacu { PR. **Jogo ACA para indivíduos com Transtorno do Espectro Autista**.

GOETZ, C. G. The history of Parkinson's disease: early clinical descriptions and neurological therapies. **Cold Spring Harb Perspect Med**, 1, n. 1, 2011.

GONÇALVES, G. B.; LEITE, M. A. A.; PEREIRA, J. S. Influência das distintas modalidades de reabilitação sobre as disfunções motoras decorrentes da doença de Parkinson **Revista Brasileira de Neurologia**, 2011.

GORBANEV, I.; AGUDELO-LONDOÑO, S.; GONZÁLEZ, R. A.; CORTES, A. *et al.* A systematic review of serious games in medical education: quality of evidence and pedagogical strategy. **Med Educ Online**, 23, n. 1, p. 1438718, 2018.

GRIMES, D.; FITZPATRICK, M.; GORDON, J.; MIYASAKI, J. *et al.* Canadian guideline for Parkinson disease. **Cmaj**, 191, n. 36, p. E989-E1004, 2019.

---

HERPICH, F.; NUNES, F. B.; DE LIMA, J. V.; R. TAROUCO, L. M. MUNDOS VIRTUAIS E REALIDADE AUMENTADA NO ÂMBITO EDUCACIONAL: REFLEXÕES E PERSPECTIVAS. *Revista Tecnologias Educacionais em Rede (ReTER)*, 1, n. 1, p. e3/01-21, 2020.

HOEHN, M. M.; YAHR, M. D. Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology*, 17, n. 5, p. 427-442, 1967.

HOLDEN, M. K. Virtual Environments for Motor Rehabilitation: Review. *Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 8 3, p. 187-211; discussion 212-189, 2005.

HTC. **HTC Vive Pro. Óculos de realidade virtual**, 2018. Disponível em: <https://www.vive.com/us/product/vive-pro2/overview/>. Acesso em: 23/07/2023.

HUGHES, A. J.; DANIEL, S. E.; KILFORD, L.; LEES, A. J. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: a clinico-pathological study of 100 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 55, n. 3, p. 181-184, 1992.

IBCCOACHING. **A importância da Ética no Trabalho - AF Systems**. 2023. Disponível em: <https://afsystems.com.br/2018/10/01/a-importancia-da-etica-no-trabalho>. Acesso em: 03/06/2023.

KIRNER, C.; KIRNER, T. G. Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization. *In: Simulation and Modeling: Current Technologies and Applications*. Hershey-NY: IGI Publishing, 2008. v. 1, p. 391-419.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações**. Porto Alegre: SBC, 2011. 202 p.

KURODA, K.; TATARA, K.; TAKATORIGE, T.; SHINSHO, F. Effect of physical exercise on mortality in patients with Parkinson's disease. *Acta Neurol Scand*, 86, n. 1, p. 55-59, 1992.

LAAMARTI, F.; EID, M.; EL SADDIK, A. An Overview of Serious Games. *International Journal of Computer Games Technology*, 2014, p. 358152, 2014/10/15 2014.

LIM, S. Y.; FOX, S. H.; LANG, A. E. Overview of the extranigral aspects of Parkinson disease. *Arch Neurol*, 66, n. 2, p. 167-172, 2009.

LINE. **Realidade Virtual**. 2021. Disponível em: <https://line.17qq.com/articles/ghlmnopv.html>. Acesso em: 20/01/2021.

LUGO, G.; BA, F.; CHENG, I.; IBARRA-MANZANO, M. **Virtual reality and hand tracking system as a medical tool to evaluate patients with Parkinson's**. 2017.

LUNARDI, M. D. S.; DE OLIVEIRA, A. D.; FREITAS, F. C. EVOLUÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES CLÍNICAS DE PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON. *Arquivos Catarinenses de Medicina*, 49, n. 4, p. 41-54, 2021.

MA, M.; BECHKOUM, K., 2008, **Serious games for movement therapy after stroke**. 1872-1877.

MACEDO, F. T. **Um jogo georreferenciado com recurso de realidade aumentada para auxiliar o aprendizado e desenvolvimento de crianças com autismo**. 2019. - Bacharelado em Ciências da Computação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

MACHADO, L.; MORAES, R.; NUNES, F.; DA COSTA, R. Serious games baseados em realidade virtual para educação médica. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 35, p. 254-262, 2011.

MAESTROVIRTUALE. **Ciência, educação, cultura e estilo de vida**, 2023. Disponível em: <https://maestrovirtuale.com>. Acesso em: 03/06/2023.

MEDEIROS, E. S. **Desenvolvendo software com UML 2.0: definitivo**. Pearson Makron Books, 2004. 9788534615297.

MELO, J. S. S.; BRASIL, L. M.; PANERAI, C. E. B.; SILVA, A. P. B. Integração da interface phantom ao sistema tutor inteligente para o ambiente de simulação médica. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, 27, n. 2, p. 98-109, 2011.

MOORE, A. B.; CLARK, B. A.; KANE, M. J. Who shalt not kill? Individual differences in working memory capacity, executive control, and moral judgment. **Psychol Sci**, 19, n. 6, p. 549-557, 2008.

MORRISH, P. K.; RAKSHI, J. S.; BAILEY, D. L.; SAWLE, G. V. *et al.* Measuring the rate of progression and estimating the preclinical period of Parkinson's disease with [18F]dopa PET. **J Neurol Neurosurg Psychiatry**, 64, n. 3, p. 314-319, 1998.

MÜLLER, J.; WENNING, G. K.; VERNY, M.; MCKEE, A. *et al.* Progression of dysarthria and dysphagia in postmortem-confirmed parkinsonian disorders. **Arch Neurol**, 58, n. 2, p. 259-264, 2001.

NAGLE, A.; NOVAK, V.; WOLF, P.; RIENER, R. The effect of different difficulty adaptation strategies on enjoyment and performance in a serious game for memory training. **Journal of Health Informatics**, 6, 2014.

NASCIMENTO, D. B.; CARVALHO, G. F. J.; COSTA, R. M. E. M., 2008, Rio de Janeiro. **ReabRA: Reabilitação Cognitiva através de uma aplicação de Realidade Aumentada**.

NUNES, A. L. P.; RADICCHI, A. O.; BOTEGA, L. C., 2011, Uberlândia, MG. **Interfaces Tangíveis: Conceitos, Arquiteturas, Ferramentas e Aplicações**. 26-46.

OLANOW, C. W.; STERN, M. B.; SETHI, K. The scientific and clinical basis for the treatment of Parkinson disease (2009). *Neurology*, 72, n. 21 Suppl 4, 2009.

OLIVEIRA, L. C. D.; LAMOUNIER, E. A.; ANDRADE, A. O.; LOPES, R. A. *et al.*, 2020, **Application of Serious Games based on Virtual Reality for Rehabilitation of Patients with Parkinson's Disease through a Wrist Orthosis**. 306-312.

ONG, D. S. M.; WEIBIN, M. Z.; VALLABHAJOSYULA, R. Serious games as rehabilitation tools in neurological conditions: A comprehensive review. *Technol Health Care*, 29, n. 1, p. 15-31, 2021.

PACHOULAKIS, I.; PAPADOPOULOS, N., 2016, **Exergames for Parkinson's Disease patients: The balloon goon game**.

PAGNONI, M. **The Joy of Bocce**. Striker Publications, 2017. 9780578190600.

PARKINSON, J. An Essay on the Shaking Palsy. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 14, n. 2, p. 223-236, 2002/05/01 1817.

PEREIRA, I.; NOGUEIRA, N. **Realidade Virtual**. 2021. Disponível em: <http://web.ist.utl.pt/ist170613/>.

POEWE, W. The natural history of Parkinson's disease. *J Neurol*, 253, n. 7, p. 006-7002, 2006.

POEWE, W.; GERSTENBRAND, F. [Clinical subtypes of Parkinson disease]. *Wien Med Wochenschr*, 136, n. 15-16, p. 384-387, 1986.

PRINGSHEIM, T.; JETTE, N.; FROLKIS, A.; STEEVES, T. D. The prevalence of Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Mov Disord*, 29, n. 13, p. 1583-1590, 2014.

PRODUCTS. AMICO GROUP. 2023. Disponível em: <https://www.amicogroup.com/specialization/ent/products.aspx#parentVerticalTab8>. Acesso em: 03/06/2023.

RIZEK, P.; KUMAR, N.; JOG, M. S. An update on the diagnosis and treatment of Parkinson disease. *Cmaj*, 188, n. 16, p. 1157-1165, 2016.

ROCHA, G. Da ilusão à imersão. Uma versão breve para a longa história da realidade virtual. *I Simpósio Internacional de Realidade Virtual*, 2016.

RODRIGUES, G. P.; PORTO, C. D. M. Realidade Virtual: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações. *Interfaces Científicas - Educação*, 1, n. 3, p. 97-109, 2013.

ROSSO, A. L. Z.; NICARETTA, D. H.; MATTOS, J. P. D. Correlações anatomoclínicas na doença de Parkinson / Anatomoclinical Correlation in Parkinson's Disease. *Revista Brasileira de Neurologia*, 2008.

RV. *Realidade Virtual*. 2022. Disponível em: <http://web.ist.utl.pt/ist170613/>. Acesso em: 12/2022.

RVD. *Realidade Virtual Doméstica*, 2022. Disponível em: <https://manualdousuario.net/realidade-virtual-domestica/>. Acesso em: 05/03/2022.

SANTOS, V. V. D.; LEITE, M. A. A.; SILVEIRA, R.; ANTONIOLLI, R. *et al.* Fisioterapia na doença de Parkinson: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Neurologia*, 2010.

SCHRAG, A.; JAHANSHAH, M.; QUINN, N. What contributes to quality of life in patients with Parkinson's disease? *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 69, n. 3, p. 308-312, 2000.

---

SEA. SEA HERO QUEST. 2023. Disponível em: <https://apkpure.com/br/sea-hero-quest/com.glitchers.catchhero>. Acesso em: 03/06/2023.

SHANKAR, V.; BAYUS, B. Network Effects and Competition: An Analysis of the Home Video Game Industry. **Strategic Management Journal**, 24, 2002.

SIDEROWF, A.; LANG, A. E. Premotor Parkinson's disease: concepts and definitions. **Mov Disord**, 27, n. 5, p. 608-616, 2012.

SILVA, F. S.; PABIS, J. V. P. C.; DE ALENCAR, A. G.; DA SILVA, K. B. *et al.* Evolução da doença de Parkinson e comprometimento da qualidade de vida. **Revista Neurociências**, 18, n. 4, p. 463-468, 2010.

TIMO, C. U. **Doença de Parkinson**. 2012. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/CaioUrsine/doena-de-parkinson-11301150>.

TOLDO, J. M. P.; ARJONA, M.; CAMPOS NETO, G. C.; VITOR, T. *et al.* Virtual Rehabilitation in Parkinson Disease: A Dopamine Transporter Imaging Study. **Am J Phys Med Rehabil**, 100, n. 4, p. 359-366, 2021.

TOMLINSON, C. L.; PATEL, S.; MEEK, C.; HERD, C. P. *et al.* Physiotherapy versus placebo or no intervention in Parkinson's disease. **Cochrane Database Syst Rev**, 10, n. 9, 2013.

TOOHILL, B.; ENTWISTLE, R. Bocce: A Sport for Students With and Without Disabilities. **Strategies**, 12, n. 6, p. 24-28, 1999/06/01 1999.

VALERIO NETTO, A.; MACHADO, L. D. S.; OLIVEIRA, M. C. F. D. Realidade virtual - definições, dispositivos e aplicações. **REIC - Revista Eletrônica de Iniciação Científica**, 2, n. 1, p. 1-29, 2002.



VALVE. **SteamVR**. 2021. Disponível em: <https://www.steamvr.com/pt-br/>. Acesso em: 23/07/2023.

VAN DER KOLK, N. M.; KING, L. A. Effects of exercise on mobility in people with Parkinson's disease. **Mov Disord**, 28, n. 11, p. 1587-1596, 2013.

VIEIRA, G. D. P.; ARAUJO, D. F. G. H. D.; LEITE, M. A. A.; ORSINI, M. *et al.* Virtual reality in physical rehabilitation of patients with Parkinson's disease. **Journal of Human Growth and Development**, 24, p. 31-41, 2014.

WALUSINSKI, O. Jean-Martin Charcot and Parkinson's disease: Teaching and teaching materials. **Revue Neurologique**, 174, n. 7, p. 491-505, 2018/09/01/ 2018.

WILKINSON, P. A Brief History of Serious Games. *In*: DÖRNER, R.; GÖBEL, S., *et al* (Ed.). **Entertainment Computing and Serious Games: International GI-Dagstuhl Seminar 15283, Dagstuhl Castle, Germany, July 5-10, 2015, Revised Selected Papers**. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 17-41.

ZESIEWICZ, T. A.; HAUSER, R. A. Neurosurgery for Parkinson's disease. **Semin Neurol**, 21, n. 1, p. 91-101, 2001.

## Anexo A

### Questionário para Avaliação do Serious Game para tratamento não farmacológico de pacientes com Doença de Parkinson em ambientes de RV

#### 1 - Dados do Profissional Avaliador

1.1 Nome: \_\_\_\_\_

1.2 Email: \_\_\_\_\_

1.3 Especialidade: \_\_\_\_\_

1.4 RQE (Registro de Qualificação da Especialidade): \_\_\_\_\_

#### Questionário para Avaliação do Sistema

1. Com que frequência trata pacientes com Doença de Parkinson?

Muito Frequente  Frequente  Pouco Frequente  Não tenho experiência

2. Conhece a utilização de Serious Game para tratamento não farmacológico de pacientes com Doença de Parkinson?

Sim  Não

3. Já aplicou ou indicou este tipo de tratamento para algum paciente com Doença de Parkinson?

Sim  Não

Se sim, qual? \_\_\_\_\_

4. Qual a sua opinião sobre a utilização de Jogos Sérios em ambientes de Realidade Virtual para tratamento não farmacológico da Doença de Parkinson?


5. Qual dos aspectos da doença de parkinson a aplicação de tratamento não farmacológico é benéfico?

Tremor:  Benéfico  Pouco Benéfico  Indiferente

Bradicinesia:  Benéfico  Pouco Benéfico  Indiferente

Rigidez:  Benéfico  Pouco Benéfico  Indiferente

Frising:  Benéfico  Pouco Benéfico  Indiferente

6. O sistema apresentado pode ser considerado tratamento não farmacológico para Doença de Parkinson?

Sim  Não

Justifique sua resposta:


7. Vantagens que este sistema apresenta:


8. Desvantagens o sistema e dificuldades ao usar o sistema:


9. Observações / Sugestões:
