

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**FACULDADE DE MEDICINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE**

**Paula Britto Dos Santos Azevedo**

**Efeitos da realidade virtual comparado à reabilitação convencional na função motora de  
pacientes com doença de Parkinson: uma revisão sistemática com metanálise e  
metaregressão**

**Juiz de Fora**

**2023**



**Paula Britto dos Santos Azevedo**

**Efeitos da realidade virtual comparada à reabilitação convencional na função motora de pacientes com doença de Parkinson: uma revisão sistemática com metanálise e metaregressão**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Saúde. Área de concentração: Saúde Brasileira

Orientador: Fernando Antônio Basile Colugnati

Co-orientadora: Roberta da Silva Teixeira

Juiz de Fora

2023

Azevedo, Paula Britto dos Santos.

Efeitos da realidade virtual comparado à reabilitação convencional na função motora de pacientes com doença de Parkinson : uma revisão sistemática com metanálise e metaregressão / Paula Britto dos Santos Azevedo. -- 2023.

75 f. : il.

Orientador: Fernando Antonio Basile Colugnati

Coorientadora: Roberta da Silva Teixeira

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Saúde Brasileira, 2023.

1. Realidade Virtual. 2. Doença de Parkinson. 3. Reabilitação. I. Colugnati, Fernando Antonio Basile , orient. II. Teixeira, Roberta da Silva , coorient. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE N° PROPP: 684.27112023.35-D

N° PPG: 23/2023

Ata da sessão pública referente à defesa da ( ) **dissertação** ( X ) **tese** intitulada **Efeitos da realidade virtual comparado à reabilitação convencional na função motora de pacientes com doença de Parkinson**: uma revisão sistemática com metanálise e metaregressão, para fins de obtenção do título de ( ) **mestre(a)** ( X ) **doutor(a)** em **Saúde**, área de concentração **Saúde Brasileira**, pelo(a) discente PAULA BRITTO DOS SANTOS AZEVEDO (matrícula 103040173 - início do curso em **13/03/2018**), sob orientação do(a) Prof.(a)Dr(a) Fernando Antonio Basile Colugnati e coorientação do(a) Prof.(a)Dr(a) Roberta da Silva Teixeira.

Aos **27** do mês de **novembro** do ano de **2023**, às **9** horas, de forma não presencial, conforme Resolução no 10/2022-CSPP e no 16/2023-CSPP com a Portaria 882/2022 da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), reuniu-se a Banca examinadora da ( ) **dissertação** ( X ) **tese** em epígrafe, aprovada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação, conforme a seguinte composição:

Titulação	Nome	Na qualidade de:
Prof(a) Dr(a) / Dr(a)		
Prof. Dr. Fernando Antonio Basile Colugnati	Orientador(a) e Presidente da Banca	
Profa. Dra. Roberta da Silva Teixeira	Coorientador(a)	
Prof. Dr. Thiago Cardoso Vale	Membro titular interno	
Prof. Dr. Maycon de Moura Reboredo	Membro titular interno	
Profa. Dra. Zaqueline Fernandes Guerra	Membro titular externo	
Prof. Dr. Thiago Lemos de Carvalho	Membro titular externo	
Profa. Dra. Hélydy Sanders Pinheiro	Suplente interno	
Profa. Dra. Natália Maria da Silva Fernandes	Suplente interno	
Prof. Dr. Mario Lucio de Oliveira Novaes	Suplente externo	
Prof. Dr. Renato Erothildes Ferreira	Suplente externo	
<b>*Na qualidade de (opções a serem escolhidas):</b>		
- Membro titular interno		
- Membro titular externo		
- Membro titular externo e Coorientador(a)		
- Orientador(a) e Presidente da Banca		
- Suplente interno		
- Suplente externo		
- Membro titular interno e Presidente da Banca - Orientador(a)		
- Coorientador(a) e Presidente da Banca		
- Coorientador(a)		
- Membro titular externo (com participação remota, conforme Portaria n. 882/2022 - PROPP).		

Dedico este estudo a todos os profissionais da saúde e pacientes com Doença de Parkinson que possam se beneficiar desses achados da ciência.

## AGRADECIMENTOS

Começo meus agradecimentos Àquele que sem, eu nada seria: Deus. Obrigada pelo dom da vida, do raciocínio e por ser meu guia ao longo de minha jornada até agora.

Ao meu esposo Heitor pelo amor e apoio incondicional que me auxiliou a chegar ao final dessa longa temporada de estudos.

Aos meus pais, Alda e Gustavo, por todo afeto, paciência e zelo; pelo tempo que dedicaram de suas vidas à minha. Pelas longas conversas, por terem o propósito de colocarem um ser humano de bem no mundo. Devo tudo a vocês e os amo de todo coração!

Ao meu irmão Raphael por todo amor. Seguimos parceiros por essa vida.

Aos meus avós Therezinha, Hudson, Carmem e Gilberto por serem o alicerce da linda família a qual eu pertencço e que me deram forças, e exemplo para trilhar todos os desafios impostos pela vida.

À minha madrinha Rita, exemplo de determinação e por ter sido quem me despertou o olhar para a pesquisa. Sigo seus passos.

Ao Programa de Pós-graduação em Saúde da Universidade Federal de Juiz de Fora por ter tornado realidade um grande sonho. Ao Dr. Marcus Bastos por ter me dado a oportunidade de ingressar nesta universidade.

Ao meu orientador, Fernando Antônio Basile Colugnati por todos os ensinamentos, e por me apresentar da melhor forma possível as alternativas para a boa ciência.

À minha coorientadora Roberta Teixeira por ter sido luz ao me ajudar a traçar o caminho para condução desta pesquisa. Obrigada por transmitir seus conhecimentos.

Aos professores pelas oportunidades e por me transformarem em uma profissional melhor.

Agradeço imensamente à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelas bolsas de incentivo à pesquisa a mim concedidas e que possibilitaram minha dedicação a esse estudo.

E por fim, agradeço aos amigos e família, por toda dedicação, principalmente aos que acompanharam mais de perto esses anos e sentiram junto comigo essas emoções. Sem vocês teria sido muito mais difícil.

## RESUMO

**Introdução:** Como parte das consequências da doença de Parkinson (DP), os pacientes podem apresentar alguns comprometimentos motores como bradicinesia, tremor de repouso, rigidez e instabilidade postural que afetam a funcionalidade e qualidade de vida. O tratamento com realidade virtual tem sido implementado a fim de promover melhora na participação das atividades de vida diária e funcionalidade.

**Objetivo:** avaliar os efeitos do tratamento com a realidade virtual na função motora de pacientes com DP em comparação à reabilitação física convencional, tratamento fisioterapêutico convencional ou a não intervenção.

**Métodos:** estudo de revisão metanálise e metaregressão, utilizando dados de participantes de ensaios clínicos controlados e randomizados. Foi realizada busca nas bases dados MEDLINE (PubMed), Embase, Scopus, Cochrane Library, Web of Science, e PEDro, no período de outubro de 2020 até julho de 2021. Foram elegíveis estudos em que a intervenção proposta utilizasse equipamentos de realidade virtual como forma de tratamento para a reabilitação física dos pacientes com DP. Vinte e cinco ensaios clínicos randomizados envolvendo 1008 participantes foram incluídos.

**Resultados:** a metanálise de efeitos aleatórios demonstrou que as intervenções com realidade virtual comparadas aos grupos controle, melhoraram significativamente o equilíbrio (14 estudos, diferença de médias padronizada = 0,59; 95%IC = 0,3 – 0,88;  $P < 0,0001$ ) e a velocidade de marcha (seis estudos, diferença de médias padronizada = 0,41; 95%IC = 0,05 – 0,25;  $P = 0,03$ ) dos pacientes com DP. Também foi possível demonstrarmos através da metaregressão que o volume de treinamento teve uma associação positiva e estatisticamente significativa com o equilíbrio dos pacientes (coeficiente = 0,0566; 95% IC = 0,0165 – 0,0966;  $P = 0,057$ ). Além disso, observamos uma associação negativa e estatisticamente significativa entre o volume de treinamento e a velocidade de marcha (coeficiente = 0,0647; 95% IC = -0,1135 – 0,158;  $P = 0,0094$ ) dos pacientes.

**Conclusão:** a utilização da realidade virtual como componente da reabilitação física influenciou de forma positiva na função motora de equilíbrio e velocidade da marcha dos pacientes quando comparados às abordagens tradicionais de tratamento, enquanto não foi possível diferenciarmos os efeitos das intervenções nos desfechos mobilidade, desempenho da marcha, congelamento da marcha e medo de quedas. Esta revisão foi registrada na PROSPERO sob o número CRD42020187320.

**Palavras-chave:** Doença de Parkinson, Realidade Virtual, Transtornos motores



## ABSTRACT

**Introduction:** As part of the consequences of Parkinson's disease (PD), patients may experience motor impairments such as bradykinesia, resting tremor, rigidity, and postural instability that affect functionality and quality of life. Virtual reality treatment has been implemented to improve participation in daily activities and functionality.

**Objective:** To assess the effects of virtual reality treatment on the motor function of patients with Parkinson's disease compared to conventional physical rehabilitation, conventional physiotherapeutic treatment, or no intervention.

**Methods:** A meta-analysis and meta-regression review study using data from participants in controlled and randomized clinical trials. A search was conducted in the MEDLINE (PubMed), Embase, Scopus, Cochrane Library, Web of Science, and PEDro databases from October 2020 to July 2021. Eligible studies included interventions using virtual reality equipment as a form of treatment for the physical rehabilitation of patients with PD. Twenty-five randomized clinical trials involving 1008 participants were included.

**Results:** The random-effects meta-analysis showed that virtual reality interventions, compared to control groups, significantly improved balance (14 studies, standardized mean difference = 0.59; 95% CI = 0.3 – 0.88;  $P < 0.0001$ ) and gait speed (six studies, standardized mean difference = 0.41; 95% CI = 0.05 – 0.25;  $P = 0.03$ ) in patients with PD. Additionally, meta-regression demonstrated a positive and statistically significant association between training volume and patients' balance (coefficient = 0.0566; 95% CI = 0.0165 – 0.0966;  $P = 0.057$ ). Moreover, a negative and statistically significant association was observed between training volume and gait speed (coefficient = 0.0647; 95% CI = -0.1135 – 0.158;  $P = 0.0094$ ).

**Conclusion:** The use of virtual reality as a component of physical rehabilitation positively influenced the motor outcomes of balance and gait speed in patients when compared to traditional treatment approaches. However, it was not possible to differentiate the effects of interventions on mobility, gait performance, freezing of gait, and fear of falls. This review was registered in PROSPERO under the number CRD42020187320.

**Keywords:** Parkinson Disease, Virtual Reality, Motor Disorders

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Fluxograma PRISMA dos estudos incluídos na revisão sistemática.....	35
<b>Figura 2</b> - Critérios de pontuação da escala PEDro.....	44
<b>Figura 3</b> - Gráfico de Funil para o desfecho de equilíbrio.....	47
<b>Figura 4</b> - Diferença de médias padronizada (95%IC) entre a realidade virtual e reabilitação convencional, tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para o desfecho de equilíbrio....	48
<b>Figura 5</b> - Diferença de médias padronizada (95% IC) entre a realidade virtual e a reabilitação convencional, tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para o desfecho de equilíbrio excluindo-se da metanálise o estudo de Yuan e colaboradores (2020) .....	49
<b>Figura 6</b> - Diferença de médias padronizada (95%IC) entre a realidade virtual e reabilitação física tradicional ou tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para a o desfecho velocidade da marcha.....	50
<b>Figura 7</b> - Diferença de médias padronizada (95%IC) entre a realidade virtual e reabilitação física convencional ou tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para o desfecho mobilidade.....	50
<b>Figura 8</b> - Diferença de médias padronizada (95%IC) entre a realidade virtual e reabilitação física convencional ou tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para o desfecho medo de quedas.....	51
<b>Figura 9</b> . Diferença de médias padronizada (95%IC) entre a realidade virtual e reabilitação física convencional ou tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para o desfecho medo de quedas com a retirada do estudo de Yuan e colaboradores (2020) .....	51
<b>Figura 10</b> - Diferença das médias padronizada (95%IC) entre a realidade virtual e reabilitação física convencional, tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para o desfecho congelamento da marcha.....	52

**Figura 11** - Diferença de médias padronizada (95%IC) entre a realidade virtual e reabilitação física convencional ou tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para o desfecho desempenho da marcha.....53

**Figura 12** - Análise de metarregressão entre a velocidade da marcha e volume total de tratamento em horas.....54

**Figura 13** - Análise de metarregressão entre o equilíbrio e volume total de tratamento em horas.....55

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Características dos estudos incluídos na revisão sistemática .....	36
<b>Tabela 2</b> – Análise da qualidade metodológica e estatística dos estudos elegíveis.....	42
<b>Tabela 3</b> – Qualidade da evidência da função motora utilizando o GRADE. Questão: “Existem efeitos mais benéficos na função motora de pacientes com doença de Parkinson quando utilizamos tratamentos com realidade virtual quando comparados a tratamentos de reabilitação convencional ou tratamento fisioterapêutico ou não intervenção?”.....	45
<b>Tabela 4</b> – Metarregressão para análise da relação entre volume total de tratamento (em horas) e os tamanhos dos efeitos para a função motora.....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	Teste de Confiança do Equilíbrio para Atividades específicas
AVDS	Atividades de vida diária
BBS	Escala de Equilíbrio de Berg
BDI	Inventário de Depressão de Beck
Bestest	<i>Balance Evaluation Systems Test</i>
BORG	Escala de Percepção de Esforço de Borg
CAREN	Ambiente de realidade virtual assistido por computador
CIF	Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde
CoP	Centro de pressão
DASH	Disabilities of the arm, shoulder and hand
DGI	Índice Dinâmico da Marcha
DP	Doença de Parkinson
ECRs	Ensaio Clínicos Controlados e Randomizados
Euro-Qol	Euro-Quality of Life
FES	Estimulação Elétrica Funcional
FES	Escala de Eficiência da Marcha
FES-I	Falls Efficacy Scale-International
FGA	Avaliação Funcional da Marcha
FIM	Escala de Independência Funcional
FMRI	Ressonância Magnética Funcional
FOGQ	Escala de Congelamento da Marcha

FSS-BR	Escala de Severidade de Fadiga
GC	Grupo Controle
GE	Grupo Experimental
HeY	Escala de Hoehn e Yahr
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IVGB	Sistema de exercícios baseados em <i>videogames</i>
LOS	Limites de Estabilidade
MBI	Índice de Barthel Modificado
MFES	Escala de Eficácia de Quedas Modificada
MiniBest	Mini Balance Evaluation System Test
MoCA	Montreal Cognitive Assessment
MRT	Teste de Alcance Funcional
N/A	Não se aplica
NFOG-Q	New Freezing of Gait Questionnaire
NIRVANA	Sistema de marcadores infravermelhos optoeletrônicos
PASE	Physical Activity Scale For The Elderly
PDQ-8	Parkinson Disease 8
PDQ-39	Parkinson Disease 39
PEDro	<i>Physiotherapy Evidence Database</i>
PNF	Reabilitação Neuromuscular Proprioceptiva
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>
PROSPERO	<i>International Prospective Register of Systematic Reviews</i>
RV	Realidade virtual

SF-36	Short-form 36
SLS	Teste de Apoio Unipodal
SpO2	Saturação de oxigênio
SPPB	Short Physical Performance Battery
SST	Teste de Sentar e Levantar
TC6M	Teste de Caminha de Seis Minutos
TC10M	Teste de Caminhada de Dez Metros
TMT-B	Trail Making Test
TUG	Teste Timed Up and Go

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Doença de Parkinson.....</b>	<b>15</b>
2.1.1.	Epidemiologia da doença de Parkinson.....	15
2.1.2.	Fisiopatologia da doença de Parkinson.....	15
2.1.3.	Diagnóstico da doença de Parkinson.....	16
2.1.4.	Sintomas da doença de Parkinson.....	17
2.1.5.	Tratamento da doença de Parkinson.....	18
<b>2.2</b>	<b>Realidade virtual.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3</b>	<b>Função motora.....</b>	<b>23</b>
2.3.1.	Equilíbrio.....	25
2.3.2.	Mobilidade.....	26
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>HIPÓTESE.....</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>28</b>
<b>5.1</b>	<b>Objetivo principal.....</b>	<b>28</b>
<b>5.2</b>	<b>Objetivos secundários.....</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
<b>6.1</b>	<b>Critérios de elegibilidade.....</b>	<b>29</b>
6.1.1	Critérios de inclusão.....	29
6.1.1.1	Participantes.....	29
6.1.1.2	Tipos de intervenções com realidade virtual.....	29
6.1.1.3	Tipos de comparadores.....	29
6.1.1.4	Tipos de medidas de desfechos.....	30
6.1.1.5	Tipos de estudos.....	30
6.1.2	Critérios de exclusão.....	30
<b>6.2</b>	<b>Métodos de busca para identificação dos estudos.....</b>	<b>30</b>
<b>6.3</b>	<b>Bases de dados eletrônicas.....</b>	<b>31</b>



<b>6.4</b>	<b>Buscas em outras fontes.....</b>	<b>31</b>
<b>6.5</b>	<b>Coleta e análise dos dados.....</b>	<b>31</b>
6.5.1	Seleção dos estudos.....	31
6.5.2	Extração e manejo dos dados.....	32
6.5.3	Avaliação do risco de viés dos estudos incluídos.....	32
6.5.4	Avaliação da qualidade da evidência.....	32
6.5.5	Medidas de efeito do tratamento.....	33
6.5.6	Avaliação da heterogeneidade.....	33
6.5.7	Avaliação do risco de viés de publicação.....	34
6.5.8	Análise de sensibilidade.....	34
<b>7</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>34</b>
<b>7.1</b>	<b>Análise do risco de viés.....</b>	<b>42</b>
<b>7.2</b>	<b>Análise da qualidade da evidência.....</b>	<b>44</b>
<b>7.3</b>	<b>Análise do viés de publicação.....</b>	<b>46</b>
<b>7.4</b>	<b>Efetividade dos tratamentos com realidade virtual e função motora.....</b>	<b>47</b>
7.4.1	Efetividade da realidade virtual para o equilíbrio.....	47
7.4.2	Efetividade da realidade virtual para a velocidade da marcha.....	49
7.4.3	Efetividade da realidade virtual para a medida de mobilidade.....	50
7.4.4	Efetividade da realidade virtual para o medo de quedas.....	51
7.4.5	Efetividade da realidade virtual para o congelamento da marcha.....	52
7.4.6	Efetividade da realidade virtual para o desempenho da marcha.....	52
<b>7.5</b>	<b>Relação dos efeitos da função motora com volume total de tratamento.....</b>	<b>53</b>
<b>8</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>58</b>
<b>10</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>59</b>
	<b>Apêndice 1 – Estratégia de busca para a base Medline.....</b>	<b>74</b>
	<b>Apêndice 2 – Formulário de extração dos dados.....</b>	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O campo da realidade virtual (RV) vem ganhando destaque como alternativa para a reabilitação da função motora e é uma ferramenta promissora com vasta aplicabilidade. A RV é definida como uma tecnologia que permite ao usuário interagir diretamente com um ambiente simulado por computador (BUTLER & WILLET, 2010). Os jogos com RV na reabilitação são considerados uma estratégia possível de melhora do desempenho motor, pois trazem a opção de maior duração, intensidade, e número de repetições necessários para induzir a neuroplasticidade através da integração da visão, audição e tato (WUEST et al., 2014; IRUTHAYARAJAH et al., 2016).

No caso da doença de Parkinson (DP), o comprometimento da função motora, do equilíbrio e maior medo de quedas estão associados à diminuição da qualidade de vida. Alguns autores sugerem que além da melhora no desempenho, os participantes adquirem maior motivação para participarem dos atendimentos fisioterapêuticos ou reabilitação física, mas esse fator ainda necessita ser melhor investigado (CHEN et al., 2016; LEAVY et al., 2017).

O tratamento fisioterapêutico ou reabilitação física convencional fornecem aos pacientes neurológicos efeitos positivos relacionados ao equilíbrio e função motora em geral (AN et al., 2011; TOMLINSON et al., 2013). No entanto, os efeitos do exercício físico são maiores quando uma intervenção com RV é proposta (MEYNS et al., 2017, LEE et al., 2017). Além disso, o uso da RV reduz os custos da reabilitação e permite o tratamento de muitos pacientes (CIKAJLO et al., 2012).

Nos últimos anos a RV tem sido introduzida na reabilitação neurológica. Algumas revisões sistemáticas têm avaliado a intervenção com RV nos pacientes com DP, demonstrando efeitos benéficos (LEI et al., 2019; SANTOS et al., 2019; WANG et al., 2019; CHEN et al., 2020; LINA et al., 2020; TRIEGAARDT et al., 2020; LI et al., 2021; WANG et al., 2021). Contudo ainda existem algumas lacunas de conhecimento a serem analisadas.

Além disso, há uma real necessidade em desenvolvermos pesquisas que embasem melhor o conhecimento acerca da RV e seus efeitos obtidos de acordo com cada método de treinamento proposto por aparelhos de RV seja através de plataformas como Nintendo Wii, XBOX, ou ainda aparelhos customizados (JURAS et al., 2018).

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Doença de Parkinson**

#### **2.1.1. Epidemiologia na doença de Parkinson**

Doenças neurológicas são atualmente a principal causa de comprometimento no mundo, e a DP é a segunda que cresce mais rapidamente (GBD, 2019). Acompanhando o aumento da idade e expectativa de vida da população, o número de indivíduos com a doença dobrou entre os anos de 1990 e 2016, sendo projetada esta ocorrência novamente nas próximas gerações (DORSEY et al., 2007; BACH et al., 2011; ROSSI et al., 2018; WANNEVEICH et al., 2018; ARMSTRONG & OKUN, 2020). A doença afeta aproximadamente 1% da população acima de 60 anos e quase 4% dos idosos acima de 80 anos (ASCHERIO & SCHWARZSCHILD, 2016; TYSNES & STORSTEIN, 2017).

No Brasil, a estimativa de prevalência da DP é dificultada pelo fato de não se tratar de uma doença de notificação compulsória. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010 a prevalência da DP era de cerca de 200 mil indivíduos com 36 mil novos casos por ano.

Na maioria das populações, 3% a 5% dos casos de DP são explicados por causas genéticas, o que representa a DP monogênica, enquanto noventa variantes de risco genético explicam de 16% a 36% do risco hereditário para o desenvolvimento da DP monogênica. Possuir um parente com DP, apresentar tremor, constipação e não fumar também são associações de causalidade existentes (BLOEM et al., 2021).

#### **2.1.2. Fisiopatologia da doença de Parkinson**

A DP está associada principalmente à perda de neurônios dopaminérgicos presentes na substância negra pars compacta (BERG et al., 2014; LEES et al., 2009). No entanto, baseado nas diferentes respostas da reposição de dopamina, estudos sugerem o envolvimento do sistema de neurotransmissores, como os circuitos colinérgico e adrenérgico (BOHNEN & ALBIN, 2011). As características do diagnóstico essencial neuropatológico da DP são depleção

moderada a grave dos neurônios na área ventro-lateral da parte compacta da substância negra associada com corpos de Lewy nos neurônios nigrais sobreviventes (GIBB & LEES, 1988; DICKSON et al., 2009; BERG et al., 2014).

Braak e colaboradores (2003) propuseram um sistema de estadiamento para a patologia de Lewy na DP. Pelo monitoramento patológico de uma grande população de autópsias, eles observaram um padrão hierárquico da progressão da patologia dos corpos de Lewy, progredindo do sistema nervoso autônomo para o tronco encefálico antes de espalhar-se para partes superiores do eixo neural (BRAAK et al., 2003; BRAAK e DEL TREDICI, 2009).

A falta de entendimento sobre a fase prodrômica e dos fatores envolvidos no desenvolvimento da DP tem sido motivo de investigação para sua prevenção. Embora ainda controversa, a hipótese de Braak (BRAAK et al. 2003), de que a DP poderia iniciar nos nervos periféricos das estruturas olfatórias e intestino, fornece um embasamento teórico para identificação de fatores causadores e modificadores da progressão da DP prodrômica. Isso é particularmente verdade para o estudo das causas ambientais da DP já que as estruturas olfatórias e o intestino são as maiores interações mucosas do humano com o ambiente (CHEN et al., 2022).

Kirkx & Bologna (2022) evidenciaram que o tremor da DP está associado à sincronização das oscilações cerebrais em duas redes centrais parcialmente sobrepostas, por exemplo, o circuito cerebelo-tálamo-cortical e a alça dos núcleos da base-cortical. Esta hipótese fisiopatológica busca explicar a integração dos circuitos, mas permanecem questões a serem investigadas. A complexa heterogeneidade do tremor da DP provavelmente se dá por diferenças individuais, como a contribuição de diferentes sistemas de neurotransmissores, a arquitetura exata do circuito do tremor cerebral, e o processamento de sinais aferentes, embora mais pesquisas sejam necessárias para elucidar isso.

### **2.1.3. Diagnóstico da doença de Parkinson**

O diagnóstico da DP é baseado na história e no exame físico, ou seja, clínico. A história pode incluir características prodrômicas (bradicinesia com tremor, rigidez muscular ou ambos). A tomografia computadorizada por emissão de fóton único do transportador de dopamina pode

melhorar a precisão do diagnóstico quando a presença de parkinsonismo é incerta. A DP tem múltiplas variantes com diferentes prognósticos. Indivíduos com um subtipo maligno difuso (9%-16% dos pacientes) apresentam sintomas motores e não motores precoces, má resposta ao tratamento medicamentoso e progressão mais rápida. Em indivíduos com predominância motora leve (49%-53% dos pacientes) os sintomas são leves, em geral têm boa resposta aos medicamentos dopaminérgicos e progressão mais lenta. Outros indivíduos têm um subtipo intermediário (ARMSTRONG & OKUN, 2020).

#### **2.1.4. Sintomas da doença de Parkinson**

Os sinais e sintomas cardinais no que tange a função motora da DP são bradicinesia, rigidez muscular, tremor de repouso, e instabilidade postural (OBESO et al., 2017) que têm um impacto negativo na qualidade do movimento, marcha, desempenho do equilíbrio e medo de quedas desses pacientes (JANKOVIC, 2008; CANNING et al., 2014).

A bradicinesia significa lentidão dos movimentos, que é resultado de uma falha dos núcleos da base em reforçar os mecanismos corticais que preparam e executam os comandos para a movimentação. Essa lentidão pode levar a uma dificuldade na execução de movimentos auto-ritmados, tempos de reação prolongados e atividade anormal ao exame eletroencefalográfico na fase que antecede a movimentação. Além disso, também podem ocorrer anormalidades na integração sensoriomotora e hiperatividade nas áreas pré-motoras laterais durante o desempenho das tarefas, principalmente da dupla tarefa (BERARDELLI et al., 2001).

A rigidez é caracterizada por uma resistência involuntária e independente da velocidade ao movimento passivo de uma articulação do corpo, também conhecida como fenômeno da roda denteada (ARMSTRONG & OKUN, 2020).

O tremor ocorre em aproximadamente 75% dos pacientes (BLOEM et al., 2021) e é visto em repouso a uma frequência de 4 Hz a 6 Hz principalmente nos membros superiores, mas pode ocorrer em outras áreas do corpo como membros inferiores, mandíbula, queixo e língua (OU et al., 2021).

A instabilidade postural é a incapacidade de manter o equilíbrio sob condições estáticas e dinâmicas, afetando o controle do equilíbrio principalmente em quatro domínios: equilíbrio durante a postura em pé quieta, ajustes de reação postural frente a perturbações externas, ajustes posturais antecipatórios e equilíbrio dinâmico (SCHONEBURG et al., 2013).

O congelamento da marcha é outra característica que pode estar presente. É definida como cessação paroxística dos passos normais durante o movimento. Como uma das mais sérias deficiências encontradas, especialmente nos estágios mais avançados da doença, está relacionado com maior medo de quedas e a um frágil prognóstico (LATT et al., 2009; CUCCA et al., 2016).

Adicionalmente, características não-motoras como o declínio cognitivo, fadiga, apatia e depressão são comuns e afetam substancialmente a funcionalidade e qualidade de vida dos pacientes (CHAUDHURI & SCHAPIRA, 2009; RIZOS et al., 2014; PEREZ-LLORET et al., 2014).

### **2.1.5. Tratamento da doença de Parkinson**

A medicação por reposição de dopamina é a abordagem tradicional para a DP, porém os pacientes desenvolvem um comprometimento da função física e da participação nas atividades, mesmo com uma excelente terapêutica médica (RASCOL et al., 2002; CONNOLLY & LANG, 2014). Isso pode levar o paciente à inatividade (LAHUE et al., 2016) e isolamento social (SCHRAG et al., 2000).

Técnicas cirúrgicas, como a estimulação cerebral profunda, melhoram significativamente os principais sintomas motores da DP idiopática (FAGGIANI & BENAZZOUZ, 2017), mas apenas menos de 5% dos indivíduos com a doença são elegíveis para a cirurgia (MORGANTE et al., 2007).

São necessárias ações que objetivem a prevenção da doença como o aumento da prática de exercícios físicos na idade adulta (TANNER & COMELLA, 2015) e redução da exposição à pesticidas (PEZZOLI & CEREDA, 2013). Além disso, é importante melhorarmos o acesso de todos a tratamentos efetivos, aumentar os financiamentos de pesquisa para um melhor

entendimento das causas e desenvolvimento de novas terapias que auxiliem no controle da doença (DORSEY et al., 2018).

Quando ocorre uma resposta limitada à terapia dopaminérgica e estimulação cerebral profunda, se faz ainda mais necessários tratamentos alternativos para lidar com o distúrbio do equilíbrio e prevenir quedas (COLLOMB-CLERC & WELTER, 2015).

O tratamento multidisciplinar é reconhecido como fator importante no tratamento da DP (VAN DER MARCK et al., 2013). Uma revisão sistemática de 39 estudos envolvendo 1827 participantes com DP demonstrou benefícios do tratamento fisioterapêutico à curto prazo para a marcha, resistência, equilíbrio e função motora global (TOMLINSON et al., 2013). Além disso, uma recente revisão sistemática publicada com 10 estudos e 663 pacientes, evidenciou que o tratamento fisioterapêutico realizado à longo prazo teve um impacto positivo na função motora e na dose da medicação antiparkinsoniana na DP (OKADA et al., 2021).

Evidências sugerem que um mínimo de quatro semanas de treinamento de marcha e oito semanas de treinamento de equilíbrio têm efeitos benéficos que permanecem de 3 a 12 meses para pacientes com DP e que o treinamento de força sustentado, treinamento aeróbico, Tai Chi ou dança por um período mínimo de doze semanas podem também produzir efeitos benéficos a longo prazo (MAK et al., 2017).

A prática orientada à tarefa é recomendada para facilitar o processo de aprendizagem motora e transferência para as atividades de vida diária (NIEUWBOER et al., 2007; GOODWIN et al., 2008; KEUS et al., 2007). A estratégia com uso de pistas pode ser utilizada para melhorar a marcha, e exercícios específicos podem melhorar o equilíbrio (NIEUWBOER et al., 2007; GOODWIN et al., 2008; KEUS et al., 2014). No entanto, a abordagem do tipo de reabilitação útil para cada paciente para se alcançar menores problemas de equilíbrio e quedas é uma questão de debate.

A instabilidade postural, o congelamento da marcha e outros distúrbios que favorecem as quedas em indivíduos com DP não respondem bem à terapia dopaminérgica. Por isso, a rápida intervenção fisioterapêutica e de tratamentos alternativos são recomendados para limitar a carga crescente nas atividades e participação dos pacientes com DP. O comprometimento das características motoras na DP pode levar a quedas que geram um grande ônus econômico,

sobrecarga do cuidador e redução da qualidade de vida. Neste sentido a RV pode ser um fator auxiliador na complementação do tratamento.

## **2.2. Realidade Virtual**

RV é a técnica pela qual o indivíduo interage com um ambiente virtual, podendo ser totalmente controlado pelo usuário, permitindo uma resposta ao desempenho perfeitamente monitorada e avaliada (RIVA, 1998). Esse tipo de tecnologia simula o mundo real em um ambiente onde as características são controladas, mensuráveis e modificáveis, permitindo a inserção de sujeitos em ambientes de pesquisa não naturais, ou configurações complexas de laboratório (MERIANS et al., 2009). O uso da RV como ferramenta para o cuidado em saúde pode aumentar a validade ecológica e a resposta do desempenho em tempo real. A modificação do cenário, flexibilidade, bem como um ambiente de prática e treinamento mais seguro são benefícios para os usuários dessa tecnologia (RIZZO & KIM, 2005).

Algumas características reconhecidas da RV que a tornam um cuidado de saúde vantajoso é a imersão e proximidade propiciadas pela interatividade. A imersão descreve o grau no qual os sistemas de RV estão aptos a entregar novas experiências (como no caso de multimodalidades sensoriais), circulação do ambiente (estímulo unidirecional), inclusão (nenhuma perturbação externa do ambiente físico), vivacidade (riqueza de informações sensoriais) e correspondência (coordenação dos movimentos do usuário com o sistema). A imersão é um objetivo relacionado à tecnologia dos ambientes virtuais no qual a presença é psicológica, perceptiva e produz o “sentimento de estar” (SLATER & WILBUR, 1997). A imersão é característica importante da pesquisa na RV pois influencia a experiência do usuário e afeta seu senso de presença.

Os modelos de RV são ferramentas potencialmente eficientes em simular de forma mais natural situações do cotidiano. As simulações eletrônicas de ambientes podem ser criadas através de dispositivos de cabeça, óculos de imersão e roupas que permitem a interação realística do usuário em cenários em três dimensões. Desta forma, a RV abrange desde o ambiente não imersivo até o completamente imersivo, dependendo do nível de isolamento pretendido (HENDERSON et al., 2007). As tecnologias de RV podem ser agrupadas em três categorias – não imersivas, semi-imersivas e totalmente imersivas (MUJBER et al., 2004). A



diferenciação do nível de imersão ocorre pela existência de um ambiente virtual, no qual o sujeito é integrado ao ambiente virtual através do fornecimento de informações virtuais através de canais sensoriais apropriados: visuais (vídeo-capacetes), táteis (dispositivos hápticos) e auditivos (dispositivos de áudio) (HAMILTON et al., 2002). A RV não imersiva tem sido largamente utilizada na reabilitação de doenças neurológicas, incluindo a DP (SAPOSNIK et al., 2016). Alguns riscos associados à imersão na RV têm sido identificados como a doença da simulação. Uma utilização intensa comumente leva a sintomas físicos indesejáveis como tensão ocular, tonteira e ataxia (MARTIROSOV & KOPECEK, 2017).

A relação entre a RV e o sistema motor humano é complexa. Para melhor compreensão dessa relação, a RV tem sido utilizada para estudos de base cognitivos para o desenvolvimento dos movimentos tais como a movimentação durante a locomoção (VIDAL et al., 2014). Além disso, as patologias que afetam o sistema motor podem ser avaliadas através da RV (HENDERSON et al., 2007). Por exemplo, a cinemática do movimento das mãos em pacientes com negligência visual e bradicinesia na DP tem sido estudada durante a imersão na RV (YAMBE et al., 2002).

Historicamente, óculos ou *displays* de cabeça, capturas de movimento e luvas táteis são considerados objetos de identificação da RV. Foi sugerido recentemente que os instrumentos adequados para dar apoio ilusório ao ambiente virtual, devem incluir resposta multissensorial constantemente atualizada (pelo menos visual) e contingências sensório-motoras. Embora as imagens estereoscópicas em três dimensões (3D) entregues em equipamentos largamente imersivos como os capacetes sejam mais efetivos em gerar uma forte e contínua experiência em RV, a utilização desses equipamentos não garantem ter uma experiência efetiva sem alguns outros componentes como interação, contingências sensório-motoras e ilusionismo. Desta forma, a experiência com a RV pode ser efetiva mesmo com o uso de telas planas com baixa imersão (GONZALEZ-FRANCO & LANIER, 2017).

Exercícios que utilizam a RV denominados *exergames*, são jogos de computador direcionados para os movimentos mais amplos dos jogadores. Eles trabalham pela combinação da detecção dos movimentos em tempo real com o engajamento do videogame que pode auxiliar na motivação das pessoas pelo exercício. A RV como ferramenta terapêutica incorpora a funcionalidade, propósito e engajamento ao exercício de uma forma quantificável e confiável. Além disso, a RV pode ainda oferecer um baixo custo, como ferramenta domiciliar para

umentar a reabilitação tradicional de sintomas motores em pessoas com DP. O uso domiciliar e treinamento podem facilitar a aderência ao exercício e motivação (SVEISTRUP et al., 2003).

O rápido avanço da tecnologia por RV facilitou a introdução de muitos serviços ligados ao metaverso. Experiências virtuais utilizando os capacetes de RV agora são muito comuns nas casas devido ao acesso aos videogames. Adicionalmente, a indústria da realidade aumentada (RA) está em franca expansão com as plataformas móveis e a disponibilidade e variabilidade de serviços de entretenimento. Naturalmente, os avatares virtuais, condutores que conectam o mundo virtual ao usuário, têm ganhado muita atenção e muitos usuários estão interessados em projetar ou estender suas identidades através de avatares no mundo social da internet (PARK et al., 2021).

O termo avatar é derivado de uma palavra do sânscrito e conota a encarnação da divindade. Na sociedade moderna, o modelo mental do usuário de um avatar é seu alter ego que pode interagir com outros avatares no mundo virtual (BAILENSON & YEE, 2005). Recentemente, a necessidade por um avatar virtual não vem somente dos jogos, filmes e propagandas, mas foi estendida à prática e cuidado em saúde e investigação criminal. Em geral, quanto mais parecida for a ilustração do avatar virtual ao usuário, mais imersiva é a experiência (GARAU et al., 2003; BAILENSON et al., 2006).

Ademais, o advento recente da RV a partir de 2012 está relacionado com a estratégia de marketing massivo de duas tecnologias inicialmente desenvolvidas para aplicações com RV: os capacetes de RV e em número menos expressivo os sistemas de captura de movimento. Os capacetes fornecem imagens estereoscópicas para experiências totalmente imersivas, assim isolando a visão do usuário da realidade. A captura de movimentos representa uma ferramenta poderosa em criar correlações visuais e motoras entre os próprios movimentos e os do avatar que aparece na imagem. A indústria dos jogos de videogames tem se beneficiado desses dois tipos de tecnologia, já que até então a interação era feita tradicionalmente em duas dimensões (2D) de forma não natural (com o uso de um mouse ou controles por exemplo). O baixo custo dos sistemas 3D originalmente criados para jogos (*Microsoft Kinect*) e interação computacional (*LeapMotion*), estão cada vez mais se popularizando nos dias atuais (PEREZ-MARCOS, 2018).

Em meio aos recentes avanços tecnológicos, o sensor Kinect da Microsoft, é uma fonte alternativa de baixo custo que pode beneficiar o tratamento de indivíduos com DP. Pompeu e colaboradores (2014) avaliaram a segurança e confiabilidade dos jogos com Kinect para

indivíduos com DP em um estudo piloto com uma amostra pequena ( $n = 7$ ) e sem grupo controle. Devido às características metodológicas deste estudo piloto, um ensaio clínico randomizado de confiabilidade e mais robusto seria necessário para clarear a segurança e confiabilidade dos jogos com *Kinect* comparados à intervenção convencional.

A entrega de exercícios como parte de um programa de reabilitação possui desafios em termos de aderência, aceitabilidade, acesso e custo (HERNANDEZ et al., 2012). Por esse motivo, algumas pesquisas têm explorado o potencial da RV como um modo de intervenção no cuidado de saúde (MANTOVANI et al., 2003; SIMONE et al., 2006). Nas intervenções para deficiências físicas, a RV tem sido proposta como uma tecnologia que complementa a reabilitação para indivíduos com as mais variadas doenças (JACK et al., 2001), como na paralisia cerebral (REID, 2002), DP (MIRELMAN et al., 2010), síndrome de Guillain-Barré (ALBIOL-PÉREZ et al., 2015), e esclerose múltipla (FULK, 2005).

Assim como está bem consolidada a reabilitação convencional, novas estratégias terapêuticas baseadas na tarefa de prática orientada à tarefa e resposta visual e auditiva têm mostrado efeitos positivos na DP, dentre elas o treinamento por RV através de videogames (TOMLINSON et al., 2012a; TAN et al., 2014). Alguns estudos sugerem que videogames podem promover treinamento motor e cognitivo integrado com o potencial de melhorar o equilíbrio, aprendizagem motora, cognição e independência nas atividades de vida diária de indivíduos com DP (TOMLINSON et al., 2012b; PETZINGER et al., 2013; TAN et al., 2014; LAMOTTE et al., 2015) e que através dos videogames, os indivíduos podem ser capazes de desenvolver tarefas complexas (DOS SANTOS MENDES et al., 2012; GALNA et al., 2014).

### **2.3. Função motora**

Os principais sintomas da DP considerando a função motora são: bradicinesia, propulsão, retropulsão, lateropulsão, marcha em pequenos passos, ausência de co-movimentos dos braços, problemas com a escrita (micrografia), rigidez muscular e tremor apresentam certa dificuldade em serem avaliados devido à variabilidade causada pelos efeitos adversos dos medicamentos (OPARA et al., 2017).

A fim de melhorar a assistência em saúde e desenvolver habilidades interpessoais e técnicas, com abrangência mundial, a Organização Mundial da Saúde (OMS) criou em 2001 a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF). A CIF busca integrar os aspectos multidimensionais, de forma a estabelecer conexões entre saúde, bem-estar, modelos de atenção, universalidade e contexto de vida. Uma de suas aplicabilidades está em auxiliar no desenvolvimento do raciocínio clínico, resolução de problemas e estabelecimento de metas ao atendimento de pacientes, assim expandindo o olhar dos profissionais sobre a deficiência e melhorando a qualidade da prestação dos serviços de saúde (SCHOLTEN et al., 2020).

De forma a criar uma abrangência dos aspectos positivos e negativos da funcionalidade de um indivíduo, a CIF se organiza em duas partes. A primeira voltada para a funcionalidade e incapacidade através da análise das funções e estruturas do corpo e das atividades e participação. A segunda parte engloba fatores contextuais ambientais e pessoais (OMS, 2013).

A escala mais antiga para avaliação da DP foi publicada em 1967 por Margaret Hoehn e Melvin Yahr, que observaram 856 pacientes. Esta escala diferencia a doença e comprometimento em cinco estágios, desde lesão unilateral sem desordens no estágio I, até o estágio V, quando o paciente fica restrito à cadeira-de-rodas e cama. Atualmente esta escala ainda é a mais comumente utilizada em todo o mundo, especialmente em estudos multicêntricos (HOEHN & YAHR, 1967).

Fahn e Elton comandaram em 1987 uma força tarefa que desenvolveu a Escala Unificada de Classificação da DP (UPDRS) que consiste em seis partes: I- estado intelectual e desordens de humor, II- atividades de vida diária (separadamente na fase “*on*” e “*off*” da medicação), III- exame motor, IV- complicações do tratamento, V- estágios da doença e VI- autoavaliação da independência utilizando a Escala Schwab-England. As três primeiras áreas e parte da quarta área são avaliadas em uma escala de cinco pontos (0 a 4 pontos). Na terceira parte (motora) a UPDRS avalia a fala, fâcies, tremor de repouso, tremor intencional, rigidez, movimentos rápidos dos dedos, movimentos rápidos das mãos, movimentos alternados, movimentos das pernas, levantar-se de uma cadeira, postura, estabilidade da postura, início da marcha e bradicinesia. O sistema de pontuação consiste em: 0 ponto – não envolvimento; 1 ponto - desordens detectáveis; 2 pontos – desordens moderadas; 3 pontos – desordens consideráveis; e 4 pontos – nenhuma função ou desordens graves.

Em 2008, Goetz e colaboradores, em nome da *Movement Disorder Society* (MDS), publicaram a UPDRS modificada, denominada MDS-UPDRS. A MDS-UPDRS revisada consiste em 65 itens, comparados com 55 da escala original, incluindo 48 itens nos quais a avaliação varia de 0 a 4 pontos, e sete opções com respostas “sim” ou “não”. Na Parte I, existem treze itens, na Parte II treze itens, nas Partes III e IV trinta e três itens e seis posições. A MDS-UPDRS demonstrou alta consistência interna (alfa de Cronbach= 0.79-0.93) e alta correlação com a UPDRS original ( $\rho=0.96$ ). É recomendado calcular a pontuação total para cada uma das quatro partes de forma separada, e depois a pontuação final de todas as partes.

### 2.3.1. Equilíbrio

Alguns indivíduos com DP sofrem distúrbios na manutenção do equilíbrio e estabilidade postural, o que pode levar a quedas. Dados estatísticos mostram que mais de 50% dos pacientes com DP sofrem quedas (BLOEM et al., 2001; OPARA et al., 2005). Para avaliar o equilíbrio e controle postural o teste *Timed Up and Go* (TUG) criado por Podsiadlo e Richardson em 1989 é comumente utilizado. Este teste mede o tempo que o paciente leva para levantar-se de uma cadeira, caminhar 10 metros, fazer um retorno e reocupar a cadeira. Em 2001, Morris e colaboradores avaliaram a aptidão do TUG em detectar mudanças na mobilidade de pacientes com DP, e a utilidade do TUG na DP tem sido confirmado. Para a avaliação do equilíbrio, geralmente são utilizadas a Escala de Equilíbrio de Berg (MIYAMOTO et al., 2004) e a Escala de Equilíbrio de Tinetti (1987). O Teste de Alcance Funcional é útil na detecção de medo de quedas entre os indivíduos com DP (BEHRMAN et al., 2002).

Em 2009, Horak e colaboradores publicaram o *Balance Evaluation Systems Test* (Bestest) que consiste em 36 partes, agrupadas em 6 sistemas: aspectos biomecânicos; limites de estabilidade; ajustes posturais antecipatórios; respostas posturais; orientação sensorial; e estabilidade da marcha. Em 2012, Franchignoni e colaboradores publicaram uma versão mais curta o *MiniBESTest*, modificada em 2013 por King e colaboradores. A versão utilizada atualmente consiste em 14 pontos, contendo 4 subescalas com sistema de pontuação de 0 a 2 e pontuação máxima de 28 pontos.

No século XXI, a avaliação posturográfica e estabilométrica foi desenvolvida de forma rápida, e tem sido utilizada para a avaliação do treinamento de equilíbrio (STOZEC et al., 2003; VAN DER BURG et al., 2006). Esculier e colaboradores (2012) encontraram que o treinamento com RV em pacientes com DP levou a melhora significativa da duração do teste de apoio unipodal ( $p=0.020$ ) e melhora nas pontuações de equilíbrio e mobilidade de 15 pontos comparado com melhora de 7,5 pontos no grupo controle ( $p=0.001$ ).

O treinamento com RV melhorou o teste de Confiança do Equilíbrio para Atividades específicas (ABC) em 6% ( $p=0.025$ ) (SHEN & MAK et al., 2014) mas não no equilíbrio avaliado através da pontuação do comprimento do centro de pressão (HOLMES et al., 2013). Em contraste, Loureiro e colaboradores (2012) mostraram que o treinamento com RV melhorou a escala de Borg ( $p=0.046$ ), a Escala de Equilíbrio de Berg ( $p=0.046$ ) e o alcance funcional para a esquerda ( $p=0.043$ ) e para a direita ( $p=0.028$ ).

A melhora nas pontuações de equilíbrio para as intervenções com treinamento com RV tem sido demonstrada em vários estudos (LEE et al., 2015; YANG et al., 2016; POMPEU et al., 2012; SEVERIANO et al., 2018). O treinamento com RV também melhorou o teste de apoio unipodal ( $p=0,050$ ) no estudo de Pompeu e colaboradores (2012) e na pontuação do *Bestest* de 74,1 para 88,9 (POMPEU et al., 2014). Severiano e colaboradores (2018) encontraram melhora no *Dizziness Handicap Inventory* ( $p=0,022$ ) após intervenção com RV. Gandolfi e colaboradores (2017) investigaram o efeito da RV e treinamento de integração sensorial e equilíbrio mostrando que os dois métodos levavam a melhoras significativas na Escala de Equilíbrio de Berg: o grupo RV melhorou 3,4 pontos e o grupo treinamento de integração sensorial e equilíbrio 4,21 pontos.

### **2.3.2. Mobilidade**

De acordo com Esculier e colaboradores (2012), o treinamento com RV demonstrou uma melhora no tempo de realização do TUG em 1,9 s comparado com uma diminuição de 1,2 s no grupo controle ( $p=0,040$ ). Zettergren e colaboradores (2011) encontraram uma melhora no TUG de 34% bem como uma melhora na velocidade da marcha de 42% após treinamento com RV duas vezes na semana, por um período de oito semanas. Badamy e colaboradores (2014)

observaram que 65% dos pacientes melhoraram a velocidade da marcha ou comprimento do passo ou os dois em mais de 10% com treinamento com RV ( $p=0,002$ ).

Esses achados são apoiados pelo estudo de Palacios-Navarro e colaboradores (2015) que observaram que o treinamento com RV aumentou significativamente a velocidade da marcha ( $p=0,002$ ), reduzindo o tempo do teste de 12 s para 10 s. De Melo e colaboradores (2018) encontraram que comparado com treinamento convencional, a intervenção com RV levou a uma velocidade de marcha mais rápida ( $p=0,031$ ) e melhor pontuação na escala de esforço de Borg ( $p=0,005$ ), e de modo similar, Mirelman e colaboradores (2011) mostraram aumento na velocidade da marcha na caminhada normal ( $p=0,006$ ) e caminhada com negociação de obstáculos (0,001) e aumento da passada na caminhada normal ( $p=0,043$ ) e na caminhada com negociação de obstáculos ( $p=0,19$ ).

O treinamento com RV também levou a melhoras no Teste de Sentar e Levantar ( $p=0,010$ ), no Teste de Caminhada de 10 metros ( $p=0,050$ ) e Teste de Caminhada de Seis Minutos ( $p=0,043$ ) (KIM & KANG, 2016).

Alguns outros estudos encontraram que o treinamento com RV levou a melhora da velocidade da marcha (SHEN & MAK, 2014; LIAO et al., 2015; YANG et al., 2016; POMPEU et al., 2012), comprimento do passo (LIAO et al., 2015), TUG (LIAO et al., 2015; YANG et al., 2016; HERZ et al., 2013) e UPDRS (GANDOLFI et al., 2017). Entretanto, Yang e colaboradores (2016) não encontraram melhora significativa na UPDRS.

### **3. JUSTIFICATIVA**

O presente estudo se justifica por ter potencial contribuição do uso da RV para a reabilitação de indivíduos com DP. Apesar de já existirem evidências formalmente revisadas sobre o assunto, por se tratar de uma inovação recente de tecnologia sendo utilizada a favor da reabilitação, novas sínteses de informações se fazem necessárias para o uso da RV na reabilitação no grupo de pacientes com DP e na elucidação de aspectos intrínsecos da função motora.

Desde a primeira publicação de uma revisão sistemática com a hipótese de efeitos de que a RV em comparação com tratamentos convencionais poderiam ter um impacto positivo

nos desfechos de saúde, vários ensaios clínicos randomizados foram publicados. Uma revisão atualizada com novos estudos era necessária para fornecer uma nova estimativa das evidências disponíveis e limitações sobre o uso de uma variedade de dispositivos de consoles de jogos ou customizados.

O número crescente de indivíduos com DP estimula a busca por novas formas de reabilitação física que possam ao menos auxiliar na estabilização da função motora indesejável provocados pela doença. Por ser uma tecnologia inovadora, a RV vem se destacando nos últimos anos como alternativa para estimular a participação de diferentes grupos nos tratamentos reabilitativos e fisioterapêuticos, servindo como instrumento motivacional e criativo para a prática dos exercícios.

#### **4. HIPÓTESE**

A hipótese desta revisão é que os tratamentos ou reabilitação física que propõem a utilização da RV evidenciem efeitos mais benéficos para a função motora de indivíduos com DP em termos de equilíbrio, mobilidade, desempenho da marcha, velocidade da marcha e medo de quedas, quando comparados à reabilitação física convencional, tratamento fisioterapêutico convencional ou a não intervenção.

#### **5. OBJETIVOS**

##### **5.1. Objetivo principal**

Estimar os efeitos do treinamento com RV na função motora dos pacientes com DP, comparado à reabilitação física convencional, tratamento fisioterapêutico convencional ou a não intervenção.

##### **5.2. Objetivos secundários**



Estimar os efeitos da RV nas atividades de vida diária, medo de quedas e comprometimento da marcha desses indivíduos. Além disso, este estudo busca entender se o volume total de tratamento com RV influencia de forma positiva ou negativa na função motora.

## **6. MATERIAIS E MÉTODOS**

Trata-se de um estudo de revisão sistemática e meta-análise de estudos clínicos controlados com metarregressão.

O estudo foi conduzido segundo os critérios estabelecidos pelo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*: Protocolo PRISMA (PAGE et al., 2021). O protocolo da revisão sistemática foi registrado no *International Prospective Register of Systematic Reviews* (PROSPERO) sob o número CRD42020187320.

### **6.1. PICOS e critérios de elegibilidade**

O primeiro passo que tomamos no sentido de realizar esta revisão foi definir a pergunta de pesquisa seguindo a estratégia PICOS (participantes, intervenção, comparadores, desfechos, e tipos de estudos). A pergunta de pesquisa foi definida como: quais os efeitos de tratamentos com RV comparados à reabilitação física convencional, tratamento fisioterapêutico convencional ou não intervenção na função motora de indivíduos com DP em estudos clínicos randomizados?

#### **6.1.1. Critérios de inclusão**

##### **6.1.1.1. Participantes**

Foram incluídos estudos que avaliaram idosos (idade acima de sessenta anos) com o diagnóstico clínico de DP (como definido pelos autores dos estudos), em qualquer estágio da doença sem a presença de outras doenças neurológicas associadas.

Incluimos estudos que envolveram um subgrupo de participantes elegíveis (por exemplo, idosos com Esclerose Lateral Amiotrófica e DP) se os resultados foram relatados separadamente para o subgrupo elegível.

#### **6.1.1.2. Tipos de intervenções com realidade virtual**

Não foi critério de exclusão nenhum tipo de RV utilizada, contanto que os autores tenham esclarecido de forma explícita qual tipo de aparelho foi utilizada, bem como o protocolo de tratamento proposto.

#### **6.1.1.3. Tipos de comparadores**

Foram incluídos estudos em que o grupo controle realizasse algum programa de reabilitação física ou tratamento fisioterapêutico convencional ou ainda a não intervenção.

#### **6.1.1.4. Tipos de medidas de desfechos**

Foram incluídos os estudos em que as medidas de desfecho relacionadas à função motora dos indivíduos como equilíbrio, mobilidade, desempenho da marcha, velocidade da marcha, função motora global, controle postural, e força muscular, de variáveis numéricas, medidas através de escalas ou testes fossem apresentadas.

#### **6.1.1.5. Tipos de estudos**

De acordo com protocolo da revisão sistemática, foram incluídos estudos publicados em periódicos revisados por pares, escritos na língua inglesa, espanhola ou portuguesa. Foram incluídos ensaios clínicos controlados randomizados (ECRs) individuais, de braços paralelos ou cruzados que continham explicitamente o detalhamento do conteúdo do desenho do programa de reabilitação proposto com o componente da RV comparado com qualquer outro programa de reabilitação física convencional, tratamento fisioterapêutico convencional ou

nenhuma intervenção. Foram incluídos estudos cruzados nos quais a primeira fase de intervenção fosse de 4 semanas ou mais, e nos quais os dados da primeira fase por grupo estivessem disponíveis.

### **6.1.2. Critérios de exclusão**

Foram excluídos os estudos que não estivessem disponíveis os textos completos para análise e leitura, como resumos e conferências ou aqueles em que não descreviam com clareza os critérios de elegibilidade compatíveis com os propostos.

Além disso, excluímos estudos observacionais e quase-experimentais (isto é, estudos que utilizavam um método inadequado de randomização ou não fizeram qualquer randomização) e estudos que não especificaram exatamente o aparelho de RV utilizado na intervenção.

## **6.2. Métodos de busca para identificação dos estudos**

Adotou-se uma estratégia de busca abrangente, objetivando identificar os estudos considerando a língua e o tipo de publicação. Para combinar os termos da estratégia de busca nós utilizamos operadores booleanos (OR/AND). Para achar as variações do termo de pesquisa nós utilizamos a truncagem (\*) a fim de acharmos as formas singular e plural das palavras e as variantes do sufixo. Além disso, utilizamos uma combinação de palavras-chave com vocabulário controlado pelo *Mesh (Medical Subject Headings)*.

## **6.3. Bases de dados eletrônicas**

Buscamos identificar os ECRs através de buscas sistemáticas das seguintes bases de dados: MEDLINE (*PubMed*); Embase (*Ovid*); Cochrane Library, *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)*; *Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics)* e *Scopus (Elsevier)* no período de outubro de 2020 a julho de 2021. A primeira estratégia de busca criada foi para a base MEDLINE (*PubMed*) (Apêndice 1) e então foi adaptada para as outras bases de dados.

#### **6.4. Buscas em outras fontes**

Foram conferidas as listas de referências bibliográficas de todos os estudos incluídos e de todas as revisões sistemáticas publicadas anteriormente a essa como fontes adicionais de busca.

#### **6.5. Coleta e análise dos dados**

##### **6.5.1. Seleção dos estudos**

Importamos todas as buscas e suas duplicatas para o *EndnoteWeb*, um programa *online* para gerenciamento e análise de dados de revisões sistemáticas. Dois autores avaliadores independentes selecionaram primeiramente os títulos e resumos dos estudos coletados para identificar todos os possíveis estudos elegíveis de acordo com os critérios de inclusão e exclusão propostos. As discordâncias nas escolhas da primeira etapa de seleção foram solucionadas através de discussão entre três autores.

Em um segundo momento, nós recuperamos o texto completo para cada estudo que os revisores consideravam potencialmente elegíveis, e dois revisores selecionaram de forma independente os textos completos, identificando os estudos para inclusão e gravando as razões de exclusão dos estudos. Qualquer tipo de discordância foi solucionada com a participação de um terceiro revisor.

##### **6.5.2. Extração e manejo dos dados**

Para extrair as características e desfechos dos estudos, criamos um formulário de extração de dados (Apêndice 2) e fizemos um estudo piloto com duas pesquisas. Os dados de cada pesquisa incluída foram extraídos por três revisores de forma independente.

A extração de dados abrangeu os seguintes tópicos: características da intervenção, estudo das características dos participantes (critérios de inclusão e exclusão, idade, gênero,

estágio da doença de acordo com a classificação de Hoehn & Yahr), detalhes do grupo experimental, grupo controle e terceiro grupo se existisse; estudo da metodologia, recrutamento, desfechos e tempo de acompanhamento bem como em que período no tempo foram feitas as avaliações.

Os autores dos estudos foram contatados através de e-mail nos casos de perda de dados nos métodos ou resultados. As informações sobre dados perdidos e retirados foram avaliadas individualmente para cada estudo.

### **6.5.3. Avaliação do risco de viés dos estudos incluídos**

Os estudos individuais incluídos foram avaliados quanto ao risco de viés com base na escala PEDro para qualidade metodológica (BHOGAL et al., 2005; DE MORTON, 2009). A escala consiste em 11 itens com pontuação total de 0 a 10 (exceto para o item 1). Se a pontuação para determinado estudo não estava disponível na base de dados PEDro então era fornecida por dois avaliadores, e as discordâncias eram solucionadas por um terceiro avaliador.

### **6.5.4. Avaliação da qualidade da evidência**

Adotou-se o *Grading of Recommendations Assessment Development and Evaluation* (GRADE) (BALSHEM et al., 2011) para avaliar a qualidade da evidência de acordo com cinco itens: limitações metodológicas (risco de viés), inconsistência, evidência indireta, imprecisão, e viés de publicação, categorizados em quatro níveis (alto, moderado, baixo e muito baixo).

A categoria de nível alto remete a forte confiança de que o efeito verdadeiro está próximo do efeito estimado; no nível moderado o efeito verdadeiro é provavelmente próximo ao efeito estimado, mas há a possibilidade de ser substancialmente diferente; no nível baixo o efeito verdadeiro pode ser substancialmente diferente do efeito estimado; e no nível muito baixo o efeito verdadeiro possivelmente é substancialmente diferente do efeito estimado (CASTILLO-BUSTOS et al., 2014).

### **6.5.5. Medidas de efeito do tratamento**

Todos os dados de interesse de desfecho da função motora foram classificados como dados contínuos e reportamos os resultados por desfecho como mudança da diferença das médias (e se não estiver disponível, a diferença nos valores finais) entre o grupo intervenção e o grupo controle, e calculamos a diferença das médias padronizadas (*SMD*). Foi utilizado o modelo de efeitos aleatórios e o método estatístico inverso da variância para cálculo das metanálises.

Utilizamos o *Review Manager Web* (Revman 5.4) para conduzir as metanálises para cada desfecho, quando apropriado, para determinar o efeito do tratamento com RV comparado com tratamentos convencionais ou não intervenção.

No caso de múltiplos grupos de intervenção, selecionamos um par de intervenções (tratamento e controle) mais relevantes para a questão da revisão sistemática. Quando o estudo relatou o dado do desfecho mais de uma vez no tempo, utilizamos o tempo mais curto para fazer a análise.

### **6.5.6. Avaliação da heterogeneidade**

Avaliamos a heterogeneidade por desfecho primeiramente pela inspeção visual dos gráficos de floresta através da amplitude dos intervalos de confiança dos estudos incluídos. Em um segundo momento, avaliamos a heterogeneidade entre os estudos através da interação dos efeitos entre os estudos incluídos em cada metanálise, utilizando o teste do  $I^2$  para quantificar. Em nossa metanálise, considerou-se heterogeneidade substancial o coeficiente  $I^2$  com valor maior do que 50%. Quando identificada heterogeneidade substancial sem explicação, não relatamos o resultado em um efeito geral estimado, mas sim como tamanho de efeito individual por estudo para o desfecho específico.

### **6.5.7. Avaliação do risco de viés de publicação**

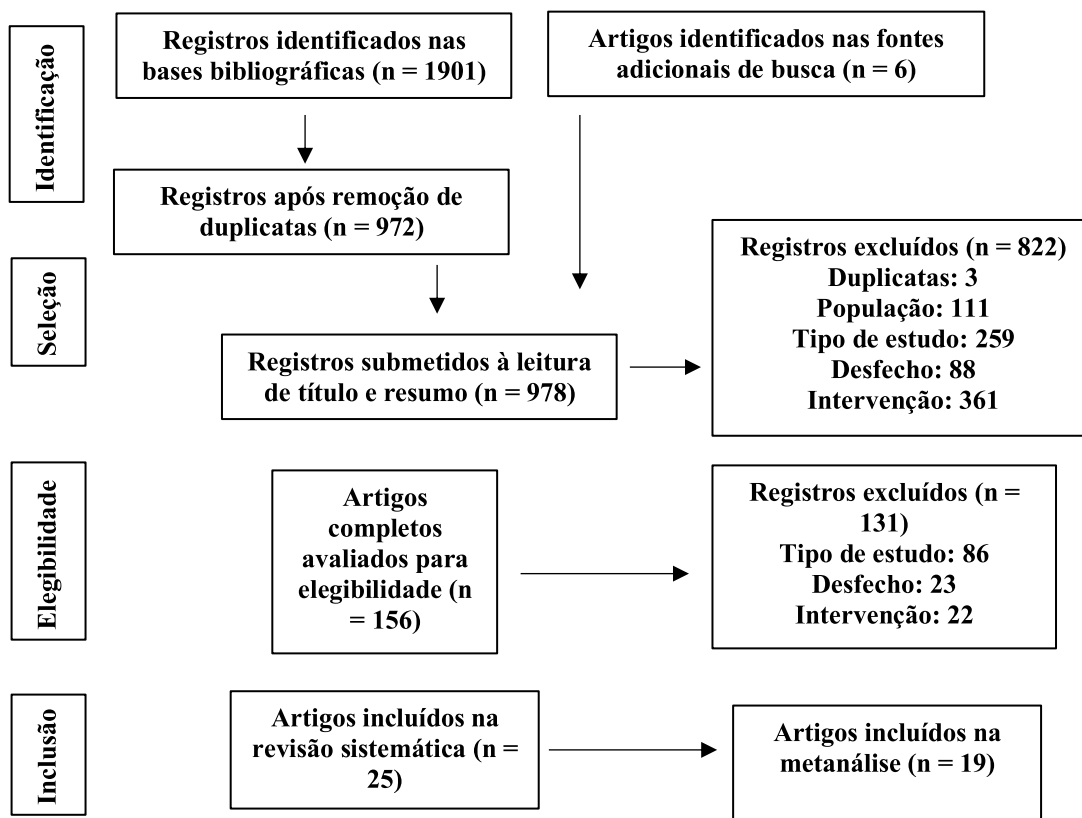
Quando os dados por comparação e desfecho permitiram agrupar mais de dez estudos, explorou-se a possibilidade de estudo dos vieses para os desfechos primários utilizando um gráfico de funil.

### **6.5.8. Análise de sensibilidade**

Quando os dados permitiram, conduzimos a análise de sensibilidade para os desfechos primários, avaliando o impacto da covariável duração dos programas de tratamento no resultado dos efeitos dos tratamentos através da metarregressão.

## **7. RESULTADOS**

As buscas eletrônicas e manuais encontraram 1907 referências, que incluíram o monitoramento das listas de referências dos estudos incluídos e das revisões sistemáticas existentes, com 978 estudos permanecendo após a remoção das duplicatas. Selecionou-se os títulos e resumos desses registros e identificou-se 156 como potenciais estudos elegíveis para leitura de texto completo. Um total 25 estudos foi incluído na presente revisão sistemática (Figura 1).

**Figura 2:** Fluxograma PRISMA dos estudos incluídos na revisão

As características dos estudos incluídos estão presentes na Tabela 1. As referências de LIAO et al., 2014 e LIAO et al., 2015 são do mesmo estudo, portanto foram contabilizados como um estudo único ao calcularmos as metanálises.



**Tabela 1.** Características dos estudos incluídos na revisão sistemática.

Estudo	N	Nº. /Média idade		H e Y		Sexo (M/F)		Intervenção		Terceiro Grupo	Protocolo	Principais desfechos	PEDro
		GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC				
Bekkers, 2020, Multicêntrico	121	62/71,06	59/70,86	2,42	2,49	37/25	37/22	Treinamento em esteira + RV com câmera e computador	Treinamento em esteira	N/A	6 semanas x 3 vezes, 45 min/por sessão	Mini-Best, FES-I, NFOG-Q, TMT-B, SPPB, PASE	6
Brachman, 2021, Polônia	24	12/69,5	12/65,3	2,5	2,5	8/4	7/5	RV com sensor Kinect e Plataforma de força	Reabilitação de equilíbrio convencional	N/A	4 semanas x 3 vezes, 30 min/por sessão	LOS	5
Calabrò, 2019, Itália	22	22/66	22/66	2	2	18/4	18/4	CAREN (sistema de captura de movimento com plataforma de força)	Tratamento fisioterapêutico convencional	N/A	5 semanas x 4 vezes; 3 meses de repouso	BBS, TUG, UPDRS2, UPDRS3, H e Y, 10MWT, FES-I	5
Carpinella, 2017, Itália	37	17/73	20/75,6	2,7	2,9	14/3	9/11	Sistema Gamepad	Tratamento fisioterapêutico	N/A	4 semanas x 3 vezes, 45 min/por sessão	BBS, 10MWT, UPDRS3, TUG, ABC, FOGQ, PDQ-39	6
De Melo, 2018, Brasil	37	12/60,25	12/65,58	1,41	2,08	11/1	5/7	XBOX 360	Treinamento convencional da marcha	Treino da esteira (12/1), idade 61, HeY 1,53	4 semanas x 3 vezes, 20 min / por sessão	6MWT, UPDRS2, UPDRS3, PDQ-39, FC, SpO2, BORG	7

Droby, 2020, Israel	37	18/72,8	19/73,6	2,47	2,61	11/7	11/8	Treinamento Multimodal em esteira + realidade aumentada	Treinamento em esteira	N/A	6 semanas x 3 vezes, 45 min/ por sessão	CoP, Mini-BEST, MoCA, UPDRS3, FMRI	5
Ferraz, 2018, Brasil	62	20/71	22/67	2,5	2,5	10/10	16/6	XBOX 360	Treinamento Funcional	Bicicleta ergométrica n=20 (11/9) idade 67	8 semanas x 3 vezes 50 min/ por sessão	6MWT, 10MWT, SST, WHODAS 2.0, PDQ-39, EuroQol-5D	7
Fundarò, 2019, Itália	20	10/65,9	10/70,2	-	-	5/5	8/2	Treinamento de marcha assistido por robô + RV	Tratamento fisioterapêutico	N/A	4 semanas x 5 vezes, 60 min/ por sessão	UPDRS3, FIM, 10MWT	5
Gandolfi, 2017, Itália	70	38/64,45	38/69,84	2,5	2,5	23/15	28/10	Teleatendimento com Nintendo Wii	Integração de Equilíbrio	N/A	7 semanas x 3 vezes, 50 min/ por sessão	BBS, ABC, 10MWT, DGI, PDQ-8	6
Lee, 2015, Coreia	20	10/68,4	10/70,1	-	-	5/5	5/5	Neurodesenvolvimento motor + FEs + dança com Nintendo Wii	Neurodesenvolvimento motor + FEs	N/A	6 semanas x 5 vezes, 30min/ por sessão	BBS, MBI, BDI	4
Liao, 2014, Taiwan	36	12/67,3	12/65,1	2,0	2,0	6/6	6/6	Wii Fit + esteira	Exercícios tradicionais + esteira	Educação preventiva n=12 (5/7), idade 64,6	6 semanas x 2 vezes, 45min/ por sessão	SOT, PDQ-39, FES-I, TUG	7
Liao, 2015, Taiwan	36	12/67,3	12/65,1	2,0	2,0	6/6	6/6	Wii Fit + esteira	Exercícios tradicionais + esteira	Educação preventiva	6 semanas x 2 vezes, 45min/ por sessão	FGA, DYNAMOMETRY, SOT	7

Pazzaglia, 2020, Itália	51	25/72	26/70	-	-	18/7	17/9	Sistema NIRVANA (projeção na parede)	Reabilitação convencional	N/A	6 semanas x 3 vezes, 40 min/por sessão	BBS, DGI, DASH, SF-36	5
Pompeu, 2012, Brasil	32	16/-	16/-	-	-	-	-	Exercícios globais + Nintendo Wii	Exercícios globais	N/A	7 semanas x 2 vezes, 60 min/por sessão	BBS, MoCA, UPDRS2, SLS	5
Qutubuddin, 2007, EUA	15	9/71,89	6/73,67	-	-	9/0	6/0	Treinamento na <i>Long Force Plate</i>	Reabilitação convencional	N/A	4 semanas x 2 vezes, 30 min/por sessão	SOT, LOS, BBS	3
Ribas, 2017, Brasil	20	10/61,7	10/60,2	1,5	1,5	4/6	4/6	Wii Fit	Reabilitação convencional	N/A	12 semanas x 3 vezes, 30 min/por sessão	BBS, 6MWT, PDQ-39, FSS-BR	7
Santos, 2019, Brasil	45	13/61,7	14/64,5	1,4	1,3	11/2	11/3	Wii Sports e Wii Fit	Tratamento fisioterapêutico convencional + PNF	Exercícios convencionais + Nintendo Wii N=14 (9/5), idade 66,6, HeY1,5	8 semanas x 2 vezes, 40 min/por sessão	BBS, DGI, TUG, PDQ-39	7
Shen & Mak, 2014, China	51	22/63,3	23/65,3	2,4	2,5	13/9	12/11	Dança com RV	Exercícios de força para quadril e joelhos	N/A	4 semanas x 3 vezes +4 semanas x 5 vezes	ABC, LOS, SLS	7
Shih, 2016, Taiwan	20	10/67,5	10/68,8	1,6	1,4	9/1	7/3	<i>Exergames</i> de equilíbrio com Kinect e computador	Reabilitação de equilíbrio convencional	N/A	8 semanas x 2 vezes, 50 min/por sessão	LOS, SLS, BBS, TUG	6

Song, 2018, Austrália	60	31/68	29/65	-	-	15/16	9/20	Tapete de dança customizado	Não intervenção	N/A	12 semanas x 3 vezes, 15 min/por sessão	FGA, TUG, MOCA, TRAIL MAKING TEST, NFOGQ, FES-I	8
Töller, 2019, Hungria	74	25/70	25/70,6	2,3	2,4	-	-	XBOX 360	<i>Spinning</i>	Atividade habitual N=24, Idade 67,5	5 semanas x 5 vezes, 60min/por sessão	UPDRS2, PDQ-39, BDI, BESTEST, BBS, DGI, 6MWT	6
Van den Heuvel, 2014, Holanda	33	17/66,3	16/68,8	2,5	2,5	12/5	8/8	RV com monitor, computador e plataforma de força	Exercícios de equilíbrio	N/A	5 semanas	BBS, SLS, 10MWT, FES, PDQ-39	8
Yang, 2016, Taiwan	23	11/72,5	12/75,4	3,0	3,0	7/4	7/5	Treinamento de equilíbrio com computador e tela sensível ao toque e plataforma de equilíbrio	Postura estática a Mudança de descarga de peso dinâmico	N/A	6 semanas x 2 vezes, 50 min/por sessão	BBS, DGI, TUG, PDQ-39, UPDRS3	7
Yen, 2011, Taiwan	38	14/70,4	14/70,1	2,6	2,4	12/2	12/2	Plataforma de equilíbrio de RV	Equilíbrio estático + Mudança de descarga de peso dinâmico + perturbações externas	Não intervenção, N=14, idade 71,6, 9/5	6 semanas x 2 vezes	SOT	7
Yuan, 2020, Taiwan	24	12/67,8	12/66,5	1,9	2,1	2/10	9/3	Sistema de Treinamento IVGB	Não intervenção	N/A	6 semanas x 3 vezes, 30 min/por sessão	BBS, SF-36, MFES, MRT	3

Legenda: ABC: teste de Confiança do Equilíbrio para Atividades específicas; BBS: Berg Balance Scale; BDI: Inventário de Depressão de Beck; BORG: Escala de Percepção de Esforço de Borg; CAREN: ambiente de realidade virtual assistido por computador; CoP: centro de pressão; DASH: Disabilities of the arm, shoulder and hand; DGI: Índice Dinâmico da Marcha; Euro-Qol 5D: Euro Quality of Life; FEs: Estimulação Elétrica Funcional; FES: Escala de Eficiência da Marcha; FES-I: Falls Efficacy Scale-International; FGA: Avaliação Funcional da Marcha; FIM: Escala de Independência Funcional; FMRI: Ressonância Magnética Funcional; FOGQ: Freezing of Gait Questionnaire; FSS-BR: Escala de Severidade de Fadiga; ; GC: grupo controle; GE: grupo experimental; HeY: Hoehn e Yahr Stage; IVGB: sistema de exercícios baseado em videogames; LOS: Limits of Stability; MBI: Índice de Barthel Modificado; MFES: Escala de Eficiência da Marcha Modificada; MiniBest: Mini Balance Evaluation System Test; MoCA: Montreal Cognitive Assessment; MRT: Teste de Alcance Multidirecional; N: tamanho amostral; N/A: não se aplica; NFOG-Q: New Freezing of Gait Questionnaire; NIRVANA: sistema de marcadores optoeletrônicos de infra-vermelho; PASE: Physical Activity Scale for the Elderly; PDQ-8: Parkinson`s Disease 8; PDQ-39: Parkinson`s disease 39; PEDro Escala do Risco de Viés da *Physiotherapy Evidence Database*; PNF: Reabilitação Neuromuscular Proprioceptiva; RV: realidade virtual; SF-36: Short-form 36; SLS: Teste de Apoio Unipodal; SOT: Teste de Organização Sensorial; SpO2: saturação de oxigênio; SPPB: Short Physical Performance Battery; SST: Teste de Sentar e levantar; TMT-B: Trail Making Test; TUG: Teste Timed Up and Go; UPDRS2: Unified Parkinson Disease Rating Scale – Section 2; UPDRS3: Unified Parkinson Disease Rating Scale – Section 3; WHODAS 2.0: Measuring Health and Disability: Manual for WHO Disability Assessment Schedule; 6MWT: Teste de Caminhada de 6 Minutos; 10MWT: Teste de Caminhada de 10 Metros

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O número de participantes em cada estudo variou de 15 a 121 participantes com um total de 1008 indivíduos com DP. Foram achados estudos de 2 ou 3 braços, sendo que para análise dos dados o grupo comparador escolhido foi o que apresentava alguma intervenção ativa sem o componente da RV. Os estudos foram publicados entre os anos de 2007 e 2021 em diferentes países. Apenas um estudo era multicêntrico (BEKKERS et al., 2020) e este não entrou na metanálise pelo fato de os dados não permitirem que estimássemos os valores das médias pós-intervenção. Tentamos contactar o autor, mas não obtivemos resposta.

Foi possível extrair dados para o cálculo da metanálise de quatorze estudos (CARPINELLA et al., 2020; DE MELO et al., 2018; DROBY et al., 2020; FERRAZ et al., 2018; FUNDARÒ et al., 2019; GANDOLFI et al., 2017; LEE et al., 2015; LIAO et al., 2014; PAZZAGLIA et al., 2020; POMPEU et al., 2012; QUTUBUDDIN et al., 2007; RIBAS et al., 2017; SANTOS et al., 2019; SHIH et al., 2016; SONG et al., 2017; TOLLÁR et al., 2018; VAN DEN HEUVEL et al., 2014; YANG et al., 2016; YUAN et al., 2020). A grande maioria dos estudos foram realizados em clínicas, centros médicos, hospitais e centros de pesquisa.

A duração das intervenções com RV propostas duraram de 4 semanas a 12 semanas, dos quais 25% com quatro semanas (QUTUBUDDIN et al., 2007; SHEN & MAK, 2014; CARPINELLA et al., 2017; DE MELO et al., 2018; FUNDARÒ et al., 2019; BRACHMAN et al. 2021). Dois estudos eram do tipo crossover (CALABRÒ et al., 2019 e YUAN et al., 2020).

Foram utilizados como aparelhos de RV consoles de videogame como o XBOX 360 (*Microsoft*) (DE MELO et al., 2018; FERRAZ et al., 2018 e TOLLÁR et al., 2018) e o *Nintendo Wii* (POMPEU et al., 2012; LIAO et al., 2014; LIAO et al., 2015; LEE et al., 2015; GANDOLFI et al., 2017; RIBAS et al., 2017 e SANTOS et al., 2019). Os outros estudos utilizaram sistemas customizados de RV como a câmera do sensor Kinect com telas e programas próprios, tapete de dança, plataformas de equilíbrio, sistemas de captura de movimentos, sistemas de projeção de imagens, plataformas de força, treinamento assistido por robô e esteiras ergométricas com captura de movimentos (QUTUBUDDIN et al., 2007; YEN et al., 2011; VAN DEL HEUVEL et al., 2014; SHEN & MAK, 2014; YANG et al., 2016; SHIH et al., 2016; SONG et al., 2017; CARPINELLA et al., 2017; FUNDARO et al., 2019; PAZZAGLIA et al., 2020; CALABRO et al., 2019; DROBY et al., 2020; BEKKERS et al., 2020; YUAN et al., 2020 e BRACHMAN et al., 2021).

Os desfechos relacionados à função motora encontrados nos estudos incluídos foram: equilíbrio, quedas, congelamento da marcha, mobilidade, estabilidade postural, desempenho da marcha, desempenho em atividades de vida diária, força, capacidade funcional e integração sensorial.

### 7.1. Análise do risco de viés

A Tabela 2 fornece um resumo da análise do risco de viés de acordo com a escala PEDro. A pontuação da escala PEDro dos estudos incluídos variou de 4 pontos a 8 pontos em um total de 10 pontos (média=6,4 e desvio-padrão=1,15). Nenhum dos estudos realizou cegamento dos terapeutas ou dos avaliadores e seis estudos realizaram análise por intenção de tratar.

**Tabela 2.** Análise da qualidade metodológica e estatística dos estudos elegíveis.

Estudo	Itens da escala PEDro											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Bekkers et al., 2020	N	S	N	S	N	N	S	S	N	S	S	6
Brachman et al., 2021	S	S	N	S	N	N	N	S	N	S	S	5
Calabrò et al., 2019	S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Carpinella et al., 2017	S	S	N	S	N	N	S	S	N	S	S	6
De Melo et al., 2018	N	S	S	S	N	N	S	S	N	S	S	7
Droby et al., 2020	N	S	N	S	N	N	N	S	N	S	S	5
Ferraz et al., 2018	S	S	S	S	N	N	S	S	N	S	S	7
Fundarò et al., 2019	S	S	N	S	N	N	N	S	N	S	S	5
Gandolfi et al., 2017	S	S	N	S	N	N	S	S	N	S	S	6
Lee et al., 2015	N	S	N	S	N	N	N	N	N	S	S	4
Liao et al., 2014	S	S	S	S	N	N	S	S	N	S	S	7
Liao et al., 2015	S	S	S	S	N	N	S	S	N	S	S	7
Pazzaglia et al., 2020	N	S	N	S	N	N	S	N	N	S	S	5
Pompeu et al., 2012	N	S	N	S	N	N	S	N	N	S	S	5

Qutubuddin et al., 2007	S	S	N	S	N	N	N	N	N	S	S	4
Ribas et al., 2017	S	S	S	S	N	N	S	S	N	S	S	7
Santos et al., 2019	S	S	N	S	N	N	S	S	S	S	S	7
Shen e Mak; 2014	S	S	N	S	N	N	S	S	S	S	S	7
Shih et al., 2016	S	S	S	S	N	N	N	S	N	S	S	6
Song et al., 2017	S	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	8
Töllar et al., 2018	S	S	N	S	N	N	S	S	N	S	S	6
Van den Heuvel et al., 2014	S	S	S	S	N	N	S	S	N	S	S	7
Yang et al., 2016	S	S	N	S	N	N	S	S	S	S	S	7
Yen et al., 2011	N	S	N	S	N	N	S	S	S	S	S	7
Yuan et al., 2020	S	S	N	N	N	N	N	N	N	S	S	3

Legenda:\*1: critérios de elegibilidade e fonte dos participantes; \*2: randomização da alocação; \*3: alocação secreta; \*4: comparação na linha de base; \*5: cegamento dos sujeitos; \*6: cegamento dos terapeutas; \*7: cegamento dos avaliadores; \*8: acompanhamento adequado; \*9: análise por intenção de tratar; \*10: comparações entre grupos; \*11: medidas de precisão e variabilidade.

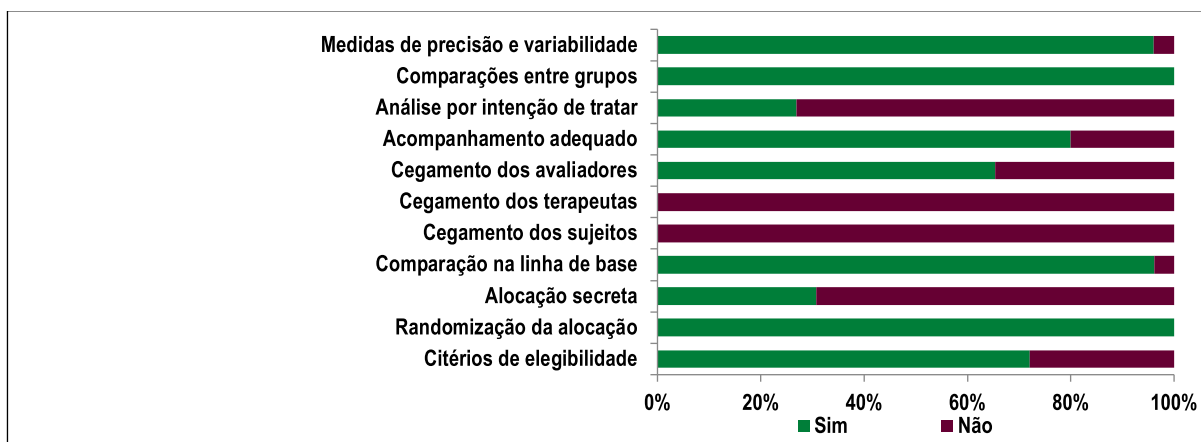
O item 1 não contribui com a pontuação total.

N indica Não; S, Sim.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Na Figura 2, é evidenciada a porcentagem dos estudos incluídos para cada item da escala. Desta forma é possível uma análise global de todos os estudos incluídos e quais critérios da escala tiveram menor e maior incidência.



**Figura 2:** Critérios de pontuação da escala PEDro.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## 7.2. Análise da qualidade da evidência

A avaliação do risco de viés do corpo da evidência sinalizou que as limitações aumentaram as incertezas estimadas (Tabela 3). A análise de inconsistência avaliou diferenças significativas dos efeitos estimados, com sobreposição dos intervalos de confiança e dos testes estatísticos, porém são justificados pela grande heterogeneidade dos tipos de RV propostas nas intervenções dos estudos bem como diferentes grupos de comparação entre os estudos. A evidência indireta incluiu a população (os participantes retratam a realidade da população de interesse), as intervenções não foram idênticas entre os estudos, a comparação não foi idêntica entre os estudos e os desfechos dos estudos contemplaram os de interesse primário que era a função motora. Na análise da imprecisão foram considerados a amplitude dos intervalos de confiança, o tamanho das amostras e o número de eventos (tamanho ideal da informação e sua variabilidade, valor nulo - a inclusão dos valores minimamente aceitáveis de dano e benefício entre -0.5 e/ou 0.5).

**Tabela 3.** Qualidade da evidência da função motora utilizando o GRADE. Questão: “Existem efeitos mais benéficos na função motora de pacientes com doença de Parkinson quando utilizamos tratamentos com realidade virtual quando comparados a tratamentos de reabilitação física convencional ou tratamento fisioterapêutico ou não intervenção?”

<b>Desfecho</b>	<b>Nº. De estudos (referências)</b>	<b>Limitação (risco de viés)</b>	<b>Inconsistência</b>	<b>Evidência indireta</b>	<b>Imprecisão</b>	<b>Qualidade</b>
Equilíbrio	14 (Droby et al., 2020; Carpinella et al., 2017; Gandolfi et al., 2017; Lee et al., 2015; Pazzaglia et al., 2020; Pompeu et al., 2012; Qutubuddin et al., 2007; Ribas et al., 2017; Santos et al., 2019; Shih et al., 2016; Töllar et al., 2019; Van den Heuvel et al., 2014; Yang et al., 2016; Yuan et al., 2020)	Muito grave <sup>a</sup>	Sem inconsistência grave <sup>b</sup>	Muito grave <sup>c</sup>	Muito grave <sup>d</sup>	Muito baixa
Marcha	5 (Gandolfi et al., 2017; Pazzaglia et al., 2020; Santos et al., 2019; Töllar et al., 2019; Yang et al., 2016)	Muito grave <sup>a</sup>	Sem inconsistência grave <sup>b</sup>	Muito grave <sup>c</sup>	Muito grave <sup>d</sup>	Muito baixa
Velocidade da marcha	6 (Carpinella et al., 2017; Ferraz et al., 2018, Fundarò et al., 2019; Gandolfi et al., 2017; Van den Heuvel et al., 2014; De	Grave <sup>a</sup>	Sem inconsistência grave <sup>b</sup>	Muito grave <sup>c</sup>	Muito grave <sup>d</sup>	Muito baixa

	Melo et al., 2018)					
Congelamento da marcha	2 (Carpinella et al., 2017 e Song et al., 2018)	Sem limitação grave	Sem inconsistência grave <sup>b</sup>	Muito grave <sup>c</sup>	Muito grave <sup>d</sup>	Muito baixa
Mobilidade	6 (Carpinella et al., 2017; Liao et al., 2014; Santos et al., 2019; Shih et al., 2016; Song et al., 2018; Yang et al., 2016)	Muito grave <sup>a</sup>	Sem inconsistência grave <sup>b</sup>	Muito grave <sup>c</sup>	Muito grave <sup>d</sup>	Muito baixa
Quedas	4 (Liao et al., 2014; Song et al., 2018; Van den Heuvel et al., 2014; Yuan et al., 2020)	Grave <sup>a</sup>	Sem inconsistência grave <sup>b</sup>	Muito grave <sup>c</sup>	Muito grave <sup>d</sup>	Muito baixa

Legenda:

<sup>a</sup>Risco de incerteza ou alto risco de incerteza de viés de seleção (geração da sequência de randomização e ou alocação secreta)

<sup>b</sup>Em geral, a heterogeneidade pode ser provavelmente explicada pelos comparadores e intervenções diferentes entre os estudos

<sup>c</sup>As diferentes intervenções e comparadores podem fornecer apenas evidência indireta para uma recomendação geral

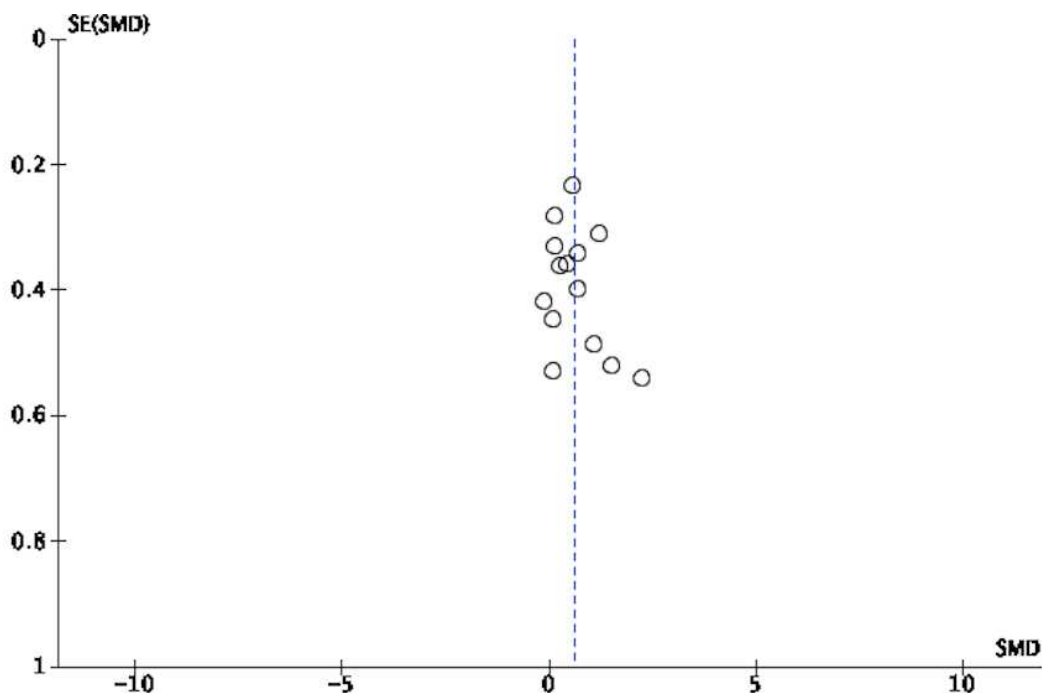
<sup>d</sup>Em geral, os intervalos de confiança incluem a possibilidade de danos e benefícios e tocam ou cruzam a linha de nulidade

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

### 7.3. Análise do viés de publicação

O viés de publicação foi determinado baseado nos critérios estatísticos e gráficos apenas para o desfecho equilíbrio, em que foi possível realizar a avaliação por incluir mais de dez estudos na metanálise. A Figura 3 mostra o gráfico de funil em que foi possível ser demonstrado para o desfecho de equilíbrio que incluiu quatorze artigos na metanálise. Dois revisores desempenharam todo o processo, com um terceiro revisor para resolver os casos de discordância. Não foi detectado viés de publicação para esse desfecho.

**Figura 3.** Gráfico de Funil para o desfecho de equilíbrio.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

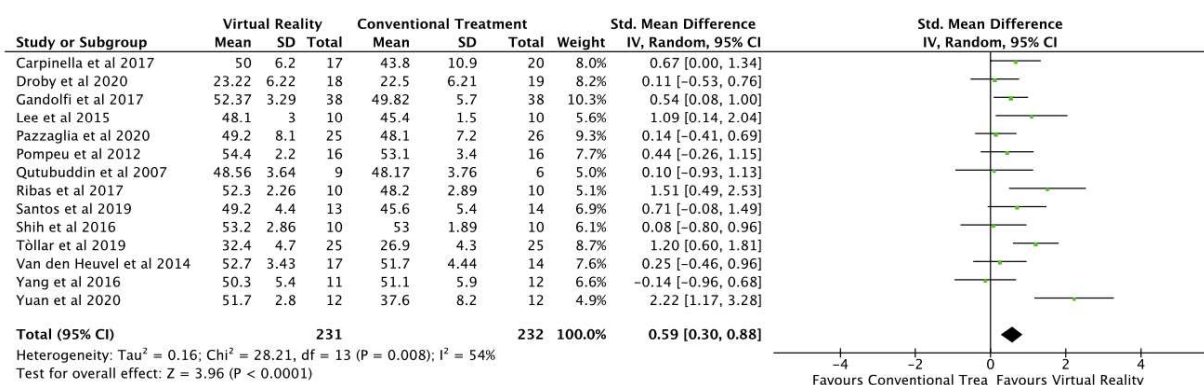
#### **7.4. Efetividade dos tratamentos com realidade virtual e a função motora**

Em termos de equilíbrio, a pontuação na escala de Berg e MiniBest dos grupos RV foi significativamente melhor quando comparada com os grupos controles (SMD = 0,59; IC 95% = 0,3–0,88). No entanto, nenhuma diferença significativa foi observada entre os dois grupos para os desfechos mobilidade, congelamento de marcha, desempenho da marcha e medo de quedas. Além disso, o grupo RV também apresentou melhores resultados da velocidade da marcha. Esta revisão sistemática mostra que a aplicação de RV leva a uma melhora mais significativa no equilíbrio de pacientes com DP do que a realização de exercícios tradicionais e que a RV pode ser utilizada como um método auxiliar de reabilitação.

##### **7.4.1. Efetividade da realidade virtual para o equilíbrio**

Quatorze dos vinte e cinco estudos envolvendo 463 pacientes foram incluídos na metanálise para avaliar o equilíbrio (CARPINELLA et al., 2017; DROBY et al., 2020; GANDOLFI et al., 2017; LEE et al., 2015; PAZZAGLIA et al., 2020; POMPEU et al., 2012;

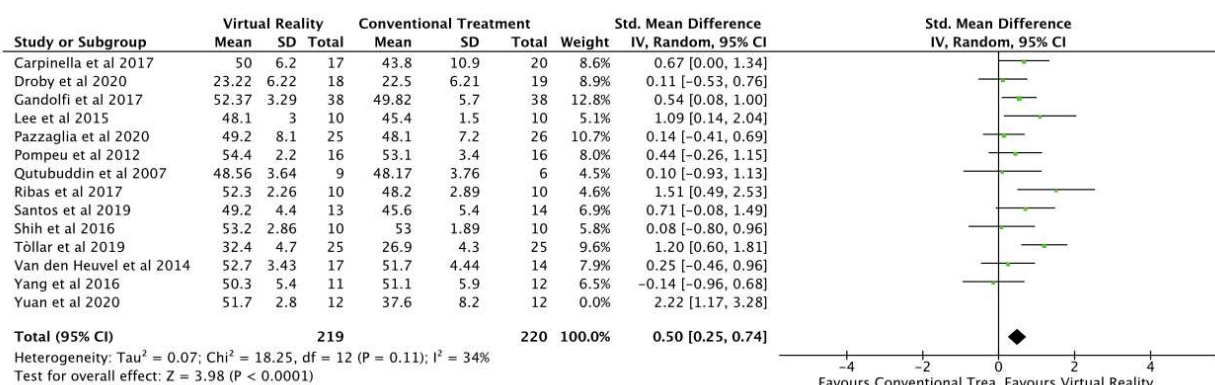
QUTUBUDDIN et al., 2007; RIBAS et al., 2017; SANTOS et al., 2019; SHIH et al., 2016; TOLLÁR et al., 2018; VAN DEN HEUVEL et al., 2014; YANG et al., 2016 e YUAN et al., 2020). Dois dos quatorze estudos tinham o desenho de três braços (SANTOS et al., 2019 e TOLLÁR et al., 2018). No estudo de Santos e colaboradores (2019) foi eleito para análise o grupo controle que realizou um programa fisioterapêutico sem o uso do console Nintendo Wii e no estudo de Tollár e colaboradores (2018) elegemos o grupo que realizou sessões de *spinning* para ser o grupo comparador, pois o terceiro grupo envolvia apenas participação em atividades habituais. A análise dos dados evidenciou um efeito positivo e significativo para o grupo de intervenção com RV (diferença das médias padronizada = 0,59; 95%IC = 0,3 a 0,88;  $p < 0,0001$ ). Foi observada heterogeneidade significativa ( $I^2 = 54%$ ) entre os estudos (Figura 4).



**Figura 4.** Diferença de médias padronizada (95%IC) entre a realidade virtual e reabilitação convencional, tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para o desfecho de equilíbrio.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Ao realizarmos uma análise de sensibilidade, notamos que ao retirarmos da metanálise o estudo de Yuan e colaboradores (2020) a heterogeneidade teve uma queda significativa, para um valor de  $I^2$  de 34% (Figura 5). Isso pode ter ocorrido devido ao fato de ser o único estudo do tipo *crossover* que entrou na metanálise.

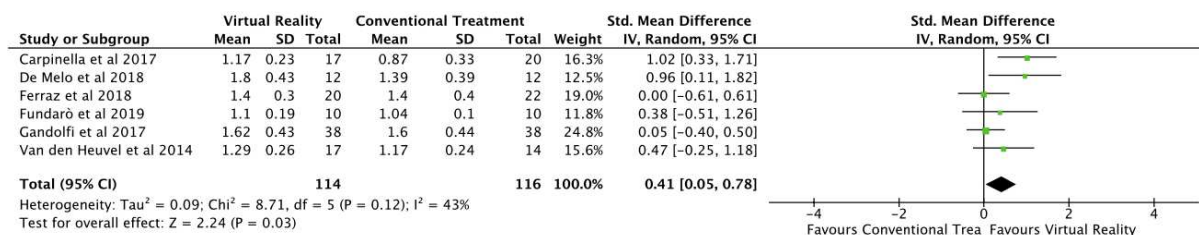


**Figura 5.** Diferença de médias padronizada (95% IC) entre a realidade virtual e a reabilitação convencional, tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para o desfecho de equilíbrio excluindo-se da metanálise o estudo de Yuan e colaboradores (2020).

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

#### 7.4.2. Efetividade da realidade virtual para a velocidade da marcha

Seis estudos envolvendo 230 pacientes foram incluídos na metanálise para avaliação da velocidade da marcha através no 10MWT e 6MWT (CARPINELLA et al., 2017; DE MELO et al., 2018; FERRAZ et al., 2018; FUNDARÒ et al., 2019; GANDOLFI et al., 2017; VAN DEN HEUVEL et al., 2014). Dois desses seis estudos tinham o desenho de 3 braços (DE MELO et al., 2018 e FERRAZ et al., 2018). No estudo de De Melo e colaboradores (2018), escolhemos o grupo treinamento em esteira, pois o terceiro grupo se tratava de treinamento convencional da marcha e como o grupo intervenção utilizava a esteira com o componente de RV, elegemos o que mais se assemelhava. No estudo de Ferraz e colaboradores (2018), elegemos como grupo controle para análise o de indivíduos que realizaram treinamento com bicicleta ergométrica. A análise dos dados mostrou um efeito significativo a favor da RV (diferença das médias padronizada= 0,41; 95%IC = 0,05 a 0,78; p = 0,03) (Figura 6). Não foi observada heterogeneidade significativa entre os grupos (I<sup>2</sup>= 43%).

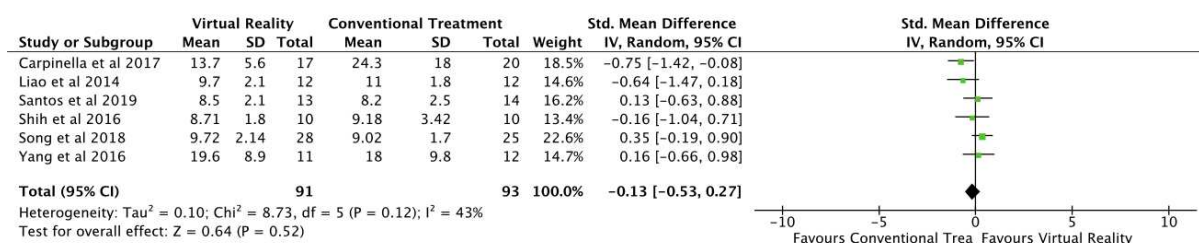


**Figura 6.** Diferença de médias padronizada (95%IC) entre a realidade virtual e reabilitação física tradicional ou tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para a o desfecho velocidade da marcha.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 7.4.3. Efetividade da realidade virtual para a mobilidade

Seis estudos envolvendo 184 pacientes foram incluídos na metanálise para avaliação da mobilidade através do Teste *Timed Up and Go* (CARPINELLA et al., 2017; LIAO et al., 2014; SANTOS et al., 2019; SHIH et al., 2016; SONG et al., 2017; YANG et al., 2016). Dois estudos tinham o desenho de três braços (LIAO et al., 2014 e SANTOS et al., 2014). No estudo de Liao e colaboradores (2014) elegemos para ser o grupo controle para o cálculo da metanálise, aquele em que os indivíduos realizaram exercícios tradicionais e caminhada em esteira, pois o terceiro grupo realizou apenas educação preventiva. No estudo de Santos e colaboradores (2019) foi eleito para análise o grupo controle que realizou um programa de tratamento fisioterapêutico sem o uso do console Nintendo Wii. A análise dos dados não demonstrou diferença significativa entre os grupos para o desfecho de mobilidade (diferença das médias padronizada = -0,13; 95%IC = -0,53 a 0,27; p = 0,52) (Figura 7). Não foi observada heterogeneidade significativa (I<sup>2</sup> = 43%) entre os estudos.

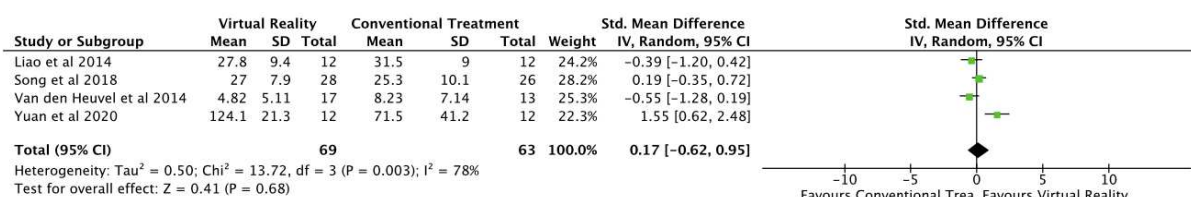


**Figura 7.** Diferença de médias padronizada (95%IC) entre a realidade virtual e reabilitação física convencional ou tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para o desfecho mobilidade.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

#### 7.4.4. Efetividade da realidade virtual para o medo de quedas

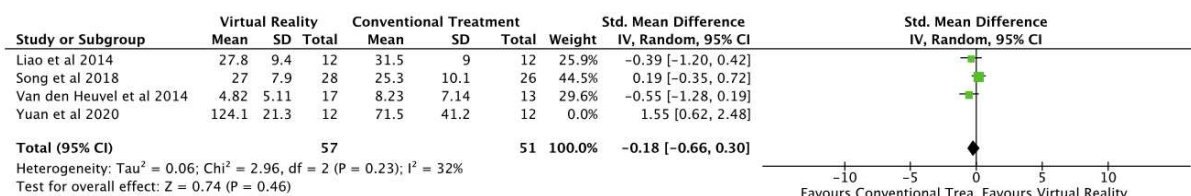
Para avaliação do medo de quedas, foram incluídos na metanálise quatro estudos com um total de 132 participantes (LIAO et al., 2014; SONG et al., 2017; VAN DEN HEUVEL et al., 2014 e YUAN et al., 2020), totalizando 63 participantes utilizando as escalas FES-I, FES e MFES. Apenas o estudo de Liao e colaboradores (2014) tinha o desenho de três braços e foi eleito para comparação com a RV o grupo que realizou exercícios tradicionais e caminhada em esteira. A análise dos dados não demonstrou diferença significativa entre os grupos (diferença das médias = 0.17, 95%IC = -0.62 a 0.95;  $p = 0.68$ ) (Figura 8). Foi observada heterogeneidade significativa ( $I^2 = 78\%$ ) entre os estudos. Ao analisarmos o estudo de Yuan e colaboradores (2020), identificamos que este foi o único estudo do tipo *crossover* que foi incluído na metanálise, o que poderia justificar a alta heterogeneidade encontrada.



**Figura 8.** Diferença de médias padronizada (95%IC) entre a realidade virtual e reabilitação física convencional ou tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para o desfecho medo de quedas.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Ao retiramos o estudo de Yuan e colaboradores da metanálise, obtivemos o resultado com heterogeneidade de 32% (Figura 9).



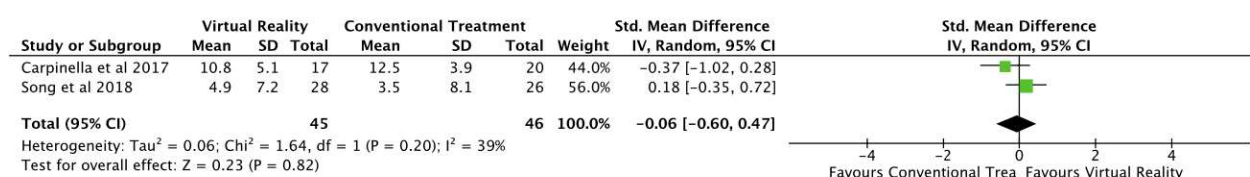
**Figura 9.** Diferença de médias padronizada (95%IC) entre a realidade virtual e reabilitação física convencional ou tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para o desfecho medo de quedas com a retirada do estudo de Yuan e colaboradores (2020).

Fonte: Elaborado pela autora (2023).



#### 7.4.5. Efetividade da realidade virtual para o congelamento da marcha

Para avaliação do congelamento da marcha foram incluídos dois estudos na metanálise, com um total de 91 participantes (CARPINELLA et al., 2017 e SONG et al., 2017) utilizando o *Freezing of Gait Questionnaire (FOG-Q)* e o *New Freezing of Gait Questionnaire (NFOG-Q)*. A análise dos dados não evidenciou diferença significativa entre os grupos realidade virtual e controles (diferença das médias = -0.06, 95%IC = -0.60 a 0.47;  $p = 0.82$ ) (Figura 10). Não foi observada heterogeneidade significativa entre os grupos ( $I^2 = 39\%$ ).

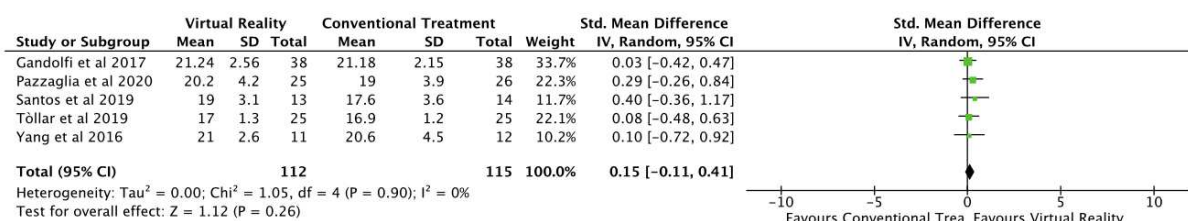


**Figura 10.** Diferença das médias padronizada (95%IC) entre a realidade virtual e reabilitação física convencional, tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para o desfecho congelamento da marcha.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

#### 7.4.6. Efetividade da realidade virtual para o desempenho da marcha

Cinco dos vinte e cinco estudos envolvendo 227 pacientes foram incluídos na metanálise para avaliar o desempenho da marcha através do DGI (GANDOLFI et al., 2017; PAZZAGLIA et al., 2020; SANTOS et al., 2019; TOLLÁR et al., 2018; YANG et al., 2016). Destes, dois estudos tinham o desenho de três braços (SANTOS et al., 2019 e TOLLÁR et al., 2018). No estudo de Santos e colaboradores (2019) foi eleito para análise o grupo controle que realizou um programa fisioterapêutico sem o uso do console Nintendo Wii. No estudo de Tollár e colaboradores (2018) elegemos o grupo que realizou sessões de *spinning* para ser o controle, pois o terceiro grupo envolvia apenas atividades habituais. A análise dos dados não evidenciou diferença significativa entre os grupos RV e controles para o desfecho de desempenho da marcha (diferença das médias padronizada= 0.15, 95%IC -0.11 a 0.41;  $p = 0.26$ ) (Figura 10). Não foi observada heterogeneidade significativa entre os grupos ( $I^2 = 0\%$ ).



**Figura 11.** Diferença de médias padronizada (95%IC) entre a realidade virtual e reabilitação física convencional ou tratamento fisioterapêutico ou não intervenção para o desfecho desempenho da marcha.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 7.5. Relação dos efeitos da função motora com volume total de tratamento

A fim de analisarmos a associação entre os tamanhos de efeitos dos tratamentos com RV e o volume total dos tratamentos em horas, nós utilizamos a análise de metarregressão multivariada de efeitos aleatórios. A investigação dessas associações foi feita para os efeitos de equilíbrio, velocidade da marcha, mobilidade, desempenho da marcha, e medo de quedas (Tabela 4). Foi adotado o nível de significância  $P < 0,05$  para a análise das metarregressões de efeitos aleatórios.

**Tabela 4.** Metarregressão para análise da relação entre volume total de tratamento (em horas) e os tamanhos dos efeitos para a função motora.

Desfechos	Coefficiente	95%IC	p-valor
Equilíbrio	0,0566	(0,0165-0,0966)	0,0057*
Desempenho da marcha	-0,0158	(-0,0641-0,0325)	0,5202
Mobilidade	-0,1321	(-0,3331-0,0688)	0,1974
Velocidade da marcha	-0,0647	(-0,1135-0,158)	0,0094*
Quedas	-0,9650	(-3,0932-1,1632)	0,3741

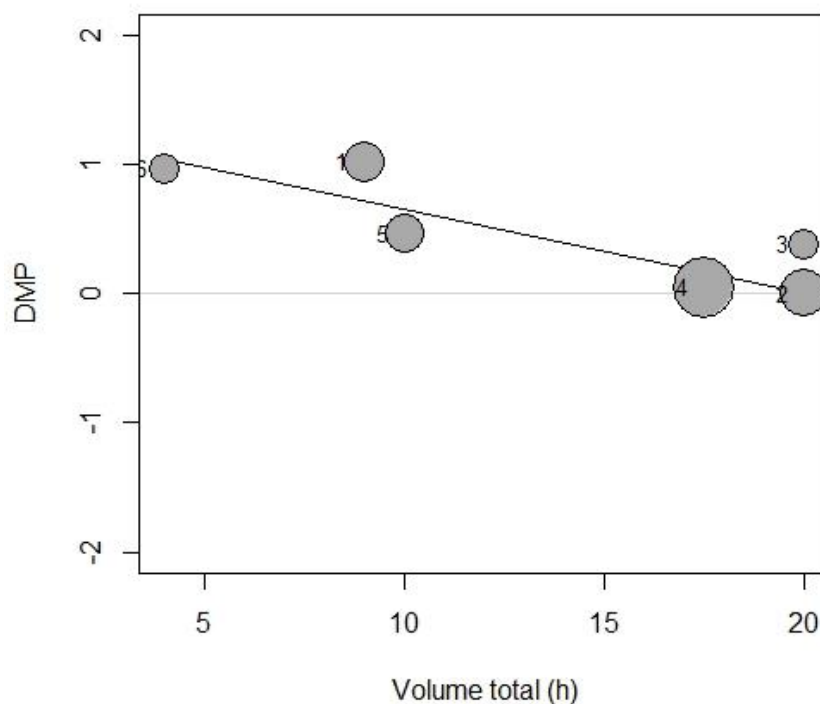
Legenda: IC: Intervalo de confiança, \*valor de p significativo ( $< 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Os padrões motores básicos da marcha são regulados de forma automática pela medula espinhal com modulação dinâmica dos centros cerebrais superiores do sistema nervoso central (CALANCIE et al., 1994; FORSSBERG, 1985). Sabe-se que os sinais descendentes do tronco

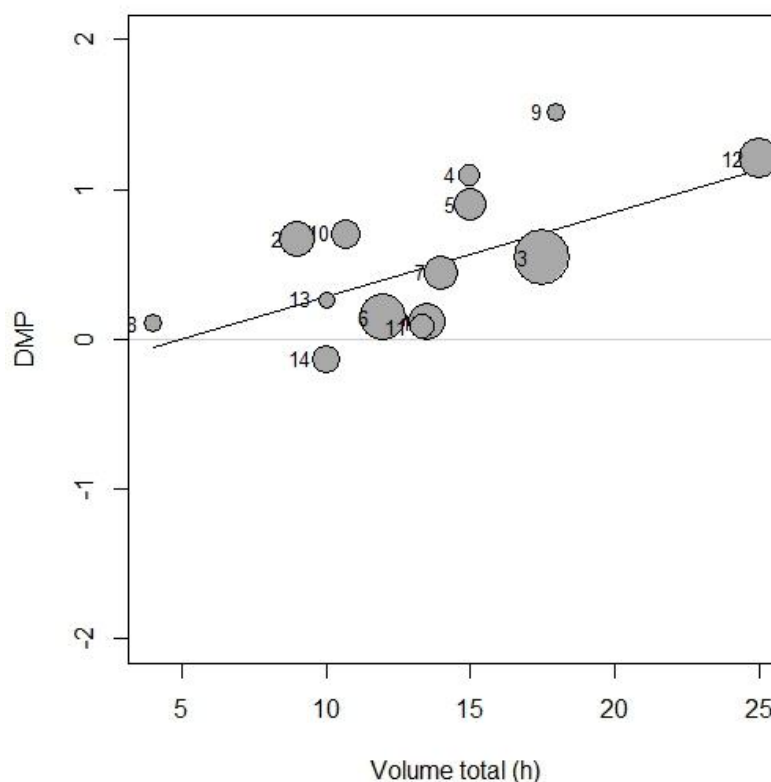
encefálico, cerebelo, núcleos da base e córtex motor exercem esse controle fino. Essa atividade rítmica regula o início e a cadência da marcha através de projeções para a medula espinhal enquanto o cerebelo compara os movimentos reais e pretendidos (DREW et al., 2008). Além disso, o córtex parietal posterior fornece informações visuais e motoras capazes de controlar movimentos precisos e processos de memória de trabalho para guiar a perna pelos obstáculos impostos pelo ambiente ((DREW et al., 2004; PIZZAMIGLIO et al., 2018).

A análise de metarregressão multivariada de efeitos aleatórios demonstrou que pacientes que eram submetidos a tratamentos mais longos tiveram diminuição significativa da velocidade da marcha (Figura 12) e melhora significativa do equilíbrio (Figura 13).



**Figura 12.** Análise de metarregressão entre a velocidade da marcha e volume total de tratamento em horas.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).



**Figura 13:** Análise de metarregressão entre o equilíbrio e volume total de tratamento em horas.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## 8. DISCUSSÃO

A presente revisão sistemática sintetizou as informações mais recentes relacionadas aos efeitos das intervenções com RV na função motora em grupos de pacientes com DP. Em relação à efetividade na função motora, a comparação das intervenções com RV e reabilitação física convencional, tratamento fisioterapêutico ou não intervenção mostrou que em um ambiente virtual foram encontrados resultados significativamente melhores para equilíbrio e velocidade da marcha.

Nesta revisão os resultados para as intervenções com RV e as intervenções que propuseram programas de reabilitação tradicionais, tratamentos fisioterapêuticos ou não intervenção foram comparáveis para os desfechos de desempenho da marcha, congelamento da marcha, medo de quedas e mobilidade. Este resultado pode ter um enorme impacto no

tratamento efetivo de pacientes neurológicos que devido à insegurança, falta de motivação ou falta de recursos financeiros podem aderir aos tratamentos com RV como forma de manterem um programa de reabilitação mais acessível, podendo muitas vezes ser realizado em domicílio sempre com a supervisão de um fisioterapeuta.

Os resultados desta revisão incluíram um número maior de ECRs do que as revisões sistemáticas publicadas anteriormente (SANTOS et al., 2019; LEI et al., 2019; WANG et al., 2019; CHEN et al., 2020; LINA et al., 2020; LI et al., 2021, WANG et al., 2021), baseada numa estratégia de pesquisa um pouco mais abrangente que colabora para o conhecimento acerca das evidências no campo da tecnologia aplicada à saúde.

A RV pode melhorar a motivação e o prazer dos pacientes para a realização de programas de reabilitação devido ao fato de se sentirem menos fadigados, e poderem explorar seus movimentos em tempo real que é proporcionado pela integração sensoriomotora do tato, visão e audição. Acredita-se que quanto maior o nível de imersão dos equipamentos de RV utilizados, maior será a motivação dos pacientes a buscarem a RV como alternativa de tratamento (ROSE et al., 2018). A maioria dos estudos incluídos nesta revisão utilizaram equipamentos de RV com baixos níveis de imersão, o que pode ter sido um fator que influenciou nos resultados para a função motora estudada.

Caminhar é uma atividade que requer um comando fino do sistema nervoso central (SNC), da integridade de uma série órgãos e sistemas e do suporte das funções sensoriais (visão, audição). O declínio na velocidade da marcha pode ser resultado de comprometimentos clínicos e subclínicos de qualquer desses órgãos e sistemas e a integração entre eles (STUDENSKI et al., 2011; CALDERON-LARRANAGA et al., 2019).

Devemos considerar que existem fatores demográficos e relacionados ao estilo de vida que podem levar a uma lentidão da marcha, como baixo nível educacional e inatividade física (WILLEY et al., 2017). A DP por si só é um fator que causa a lentidão dos movimentos em geral e que afetará inevitavelmente a marcha dos pacientes. Além disso, existem fatores externos que podem afetar a velocidade da marcha como o uso de medicamentos como anticolinérgicos e uso de dispositivos auxiliares da marcha (WERT et al., 2010; AZMI et al., 2012).

O resultado da melhora significativa do equilíbrio ao utilizar-se a RV está em consonância aos achados de Santos e colaboradores (2019), Wang e colaboradores (2019), Lei e colaboradores (2019) Chen e colaboradores (2020), Li e colaboradores (2021) e Wang e colaboradores (2021).

Ainda não estão totalmente esclarecidos os mecanismos pelos quais a RV pode contribuir para a melhora de algumas funções motoras, todavia sabemos que a plasticidade cerebral humana permite uma modulação e adequação sináptica frente a diferentes experiências e ambientes que podem ser ampliados com o uso da RV (JOHANSSON, 2011).

Há uma grande variedade na duração dos protocolos de reabilitação física, tratamento fisioterapêutico ou nenhuma intervenção proposta, por esta razão os dados devem ser interpretados com cuidado pois foram utilizadas formas diferentes de RV nos estudos, muitas vezes customizadas e o volume de treinamento foi bastante diferente entre as intervenções propostas. Não foi possível identificarmos um protocolo de treinamento com RV para ser aplicado com exatidão devido a essa grande variedade de frequência e intensidade propostas nos estudos incluídos.

Finalmente, o treinamento considerando as intervenções com RV são boas escolhas para o manejo terapêutico da DP devido a sua aplicabilidade em simular contextos relacionados ao planejamento do movimento.

O esclarecimento de resultados duvidosos auxilia na interpretação e uso terapêutico da RV no campo da reabilitação. As limitações da nossa revisão incluem principalmente os seguintes aspectos: os tamanhos das amostras de pacientes com DP foram limitados, o que dificulta a generalização das análises. Os estudos incluídos tiveram diferenças de idade dos participantes, tipos de equipamentos empregados e durações de tratamentos diferentes que podem ter ocasionado alguns vieses. A duração do efeito da RV na função motora ainda não é clara e são necessários estudos com ensaios clínicos e amostras maiores de pacientes, trazendo a confiabilidade dos equipamentos de RV principalmente com potencial de uso em domicílio e que possam ainda explorar efeitos a longo prazo da RV na função motora de pacientes com DP.

## 9. CONCLUSÃO

Nesta revisão sistemática, objetivou-se determinar a efetividade dos tratamentos com RV na função motora de pacientes com DP. Nosso objetivo foi investigar se os tratamentos com RV alcançaram melhores resultados em comparação com a reabilitação física convencional, tratamento fisioterapêutico convencional ou a não intervenção, na função motora de equilíbrio, mobilidade, velocidade de marcha, desempenho da marcha, congelamento da marcha e medo de quedas.

Nós conduzimos uma busca da literatura em cinco bases de dados mundialmente reconhecidas na área da saúde entre os anos de 2020 e 2021 e identificamos 25 estudos elegíveis que envolveram um total de 1008 participantes com DP. Todos os estudos incluídos compararam uma intervenção com o componente da RV e um tratamento convencional ou não intervenção em desfechos da função motora.

Dos estudos incluídos na análise qualitativa, dezenove foram elegíveis para as análises quantitativas. Nas comparações entre grupos controle e grupos experimentais, nossa revisão demonstrou melhoras significativas para o desfecho de equilíbrio (quatorze estudos, diferença de médias padronizada =0,59; 95%IC = 0,3 – 0,88;  $p < 0,0001$ ) e para o desfecho de velocidade de marcha (seis estudos, diferença de médias padronizada =0,41; 95%IC =0,05 – 0,25;  $p = 0,03$ ). Não houve diferença significativa evidenciada entre os tratamentos com e sem o componente da RV para os desfechos de quedas (quatro estudos, diferença de médias padronizada =0,17; 95%IC =-0,62 – 0,95;  $p = 0,68$ ), congelamento da marcha (dois estudos, diferença de médias padronizada =-0,06; 95%IC =-0,6 – 0,3;  $p = 0,82$ ), mobilidade (seis estudos, diferença de médias padronizada =-0,13; 95%IC =-0,53 – 0,27;  $p = 0,52$ ) e desempenho da marcha (cinco estudos, diferença de médias padronizada =0,15; 95%IC =-0,11 – 0,41;  $p = 0,26$ ).

Os resultados deste estudo evidenciaram que a RV pode levar a melhores benefícios no que tange o equilíbrio e a velocidade da marcha em comparação com os tratamentos convencionais ou não intervenção, porém ao realizarmos a associação desses desfechos com o volume total de tratamento proposto por cada protocolo específico, foi evidenciada associação positiva entre o volume de treinamento com o desempenho do equilíbrio e uma associação negativa do volume de treinamento com a velocidade da marcha.

A generalização dos dados é limitada e a qualidade da evidência foi muito baixa para todos os desfechos estudados, que é resultado de pequenas amostras, grande heterogeneidade dos estudos e diferença de aparelhos de RV utilizados. Por esses motivos, devem ser feitos esforços para produção de mais estudos necessários para confirmar e embasar as evidências da RV na função motora da DP.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBIOL-PÉREZ, S.; FORCANO-GARCIA, M.; MUNOZ-TOMAS, M.T.; MANZANO-FERNANDEZ, P.; SOLSONA-HERNANDEZ, S.; MASHAT, M.A.; GIL-GOMEZ, J.A. A novel virtual motor rehabilitation system for guillain-barré syndrome. **Meth Inf Med**, v. 54, n. 2, p. 127–134, 2015.

AN, M.; SHAUGHNESSY, M. The effects of exercise-based rehabilitation on balance and gait for stroke patients: a systematic review. **J Neurosci Nurs**, v.43, p. 298-307, 2011.

ARMSTRONG, M.J.; OKUN, M.S. Diagnosis and treatment of Parkinson disease: a review. **Jama**, v. 323, n. 6, p. 548-560, 2020.

ASCHERIO, A.; SCHWARZSCHILD, M.A. The epidemiology of Parkinson's disease: risk factors and prevention. **The Lancet Neurology**, v. 15, n. 12, p. 1257-1272, 2016.

AZMI, D.I.; KARIM, H.A.; AMIN, M.Z.M. Comparing the walking behaviour between urban and rural residents. **Procedia soc. Behav. Sci**, v.68, p.406-416, 2012.

BACH, J.P.; ZIEGLER, U.; DEUSCHL, G.; DODEL, R.; DOBLHAMMER-REITER, G. Projected numbers of people with movement disorders in the years 2030 and 2050. **Movement Disorders**, n.26, p. 2286-2290, 2011.

BADAMY, S.; AHARON-PERETZ, J.; SUSEL, Z.; HABIB, G.; BARAM, Y. Virtual reality feedback cues for improvement of gait in patients with Parkinson's disease. **Tremor Other Hyperkinet Mov**, n. 4, p. 225, 2014.

BEKKERS, E. M. J. et al. Do Patients With Parkinson's Disease With Freezing of Gait Respond Differently Than Those Without to Treadmill Training Augmented by Virtual Reality? **Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 34, n. 5, p. 440–449, 2020.

BAIENSON, J.N.; YEE, N. Digital chameleons: Automatic assimilation of nonverbal gestures in immersive virtual environments. **Psychology Science**. n. 16, p. 814–819, 2005.

BAIENSON, J.N.; YEE, N.; MERGET, D.; SCHROEDER, R. The effect of behavioral realism and form realism of real-time avatar faces on verbal disclosure, nonverbal disclosure, emotion recognition, and copresence in dyadic interaction. **Presence Teleoperators Virtual Environ**. n.15, p. 359–372, 2006.

BALSHEM, H.; HELFAND, M.; SCHUNEMANN, H.J.; OXMAN, A.D.; KUNZ, R.; BROZEK, L.; VIST, G.E.; FALCK-YTTER, Y.; MEERPOHL, J.; NORRIS, S.; GUYATT,



G.H. GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. **Journal of Clinical Epidemiology**, v.64, n. 4, p. 401-406, 2011.

BASSETT, S.F.; PRAPAVESSIS, H. Home-based physical therapy intervention with adherence-enhancing strategies versus clinic-based management for patients with ankle sprains. **PhysTher**, v.87, n. 9, p. 1132–1143, 2007.

BERARDELLI, A.; ROTHWELL, J.C.; THOMPSON, P.D.; MALLETT, M. Pathophysiology of bradykinesia in Parkinson's disease. **Brain**, v.124, p.2131-2146, 2001.

BERG, D.; POSTUMA, R.B.; BLOEM, B.; CHAN, P.; DUBOIS, B.; GASSER, T.; et al. Time to redefine PD? Introductory statement of the MDS Task Force on the definition of Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 29, n. 4, p. 454-462, 2014.

BEZARD, E.; GROSS, C.E.; BROTCHE, J.M. Presymptomatic compensation in Parkinson's disease is not dopamine- mediated. **Trends in Neurosciences**, n. 26, p. 215-221, 2003.

BEHRMAN, A.L.; LIGHT, K.E.; FLYNN, S.M.; THIGPEN, M.T. Is the functional reach test useful for identifying fall risk among individuals with Parkinson's disease? **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 83, n. 4, p. 538-542, 2002.

BHOGAL, S.K.; TEASELL, R.W.; FOLEY, N.C.; SPEECHLEY, M.R. The PEDro scale provides a more comprehensive measure of methodological quality than the Jadad scale in stroke rehabilitation literature. **J Clin Epidemiol**, n. 58, p. 668-673, 2005.

BLOEM, B.R.; GRIMBERGEN, Y.A.; CRAMER, M.; WILLEMSSEN, M.; ZWINDERMAN, A.H. Prospective assessment of falls in Parkinson's disease. **J Neurol**, v. 248, n. 11, p. 950–958, 2001.

BLOEM, B.R.; OKUN, M.S.; KLEIN, C. Parkinson's disease. **Lancet**, v. 397, p. 2284-2303, 2021.

BOHNEN, N.I.; ALBIN, R.L. The cholinergic system and Parkinson disease. **Behav Brain Res**, n. 221, p. 564–573, 2011.

BRAAK, H.; DEL TREDICI, K. Neuroanatomy and pathology of sporadic Parkinson's disease. *Advances in anatomy, embryology and cell biology*, v. 201, **Springer**, v.2011, p. 1-119, 2009.

BRAAK, H.; DEL TREDICI, K.; REUB, U.; et al. Staging of brain pathology related to sporadic Parkinson's disease. **Neurobiology of Aging**, n. 24, p. 197–211, 2003.

BRACHMAN, A. et al. Biomechanical measures of balance after balance-based exergaming training dedicated for patients with Parkinson's disease. **Gait and Posture**, v. 87, p. 170–176, 2021.

BURKE, R.E.; DAUER, W.T.; VONSATTEL, J.P.G. A critical evaluation of the Braak staging scheme for Parkinson's disease. **Annals of Neurology**, n. 64, p. 485–491, 2008.

BUTLER, D.P.; WILLETT, K. Wii-habilitation: is there a role in trauma? **Injury**, v. 41, p. 883-885, 2010.

CALABRÒ, R. S. et al. Improving motor performance in Parkinson's disease: a preliminary study on the promising use of the computer assisted virtual reality environment (CAREN). **Neurological Sciences**, v. 41, n. 4, p. 933–941, 2020.

CALANCIE, B.; NEEDHAM-SHROSPHIRE, B.; JACOBS, P.; WILLER, K.; ZYCH, G.; GREEN, B.A. Involuntary stepping after chronic spinal cord injury. Evidence for a central rhythm generator for locomotion in man. **Brain: a journal of Neurology**, v. 117, p. 1143-1159, 1994.

CALDERON-LARRANAGA, A.; VETRANO, D.L.; FERRUCCI, L.; MERCER, S.W.; MARENGONI, A. Multimorbidity and functional impairment-bidirectional interplay, synergistic effects and common pathways, v. 285, n. 3, p. 255-271, 2019.

CANNING, C.G.; PAUL, S.; NIEUWBOER, A. Prevention of falls in Parkinson's disease: a review of fall risk factors and the role of physical interventions. **Neurodegenerative Disease Management**, v. 4, n. 3, p. 203-221, 2014.

CARPINELLA, I. et al. Wearable Sensor-Based Biofeedback Training for Balance and Gait in Parkinson Disease: A Pilot Randomized Controlled Trial. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 98, n. 4, p. 622- 630.e3, 2017.

CASTILLO-BUSTOS, J.A.; AGUAYO-ALBASINI, J.L.; FLORES-PASTOR, B. Clinic recommendations according to the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation system. **Rev Esp Anesthesiol Reanim**, n. 61, p. 61-63, 2014.

CHAUDHURI, K.R.; SCHAPIRA, A.H. Non-motor symptoms of Parkinson's disease: dopaminergic pathophysiology and treatment. **Lancet Neurol**, v. 8, n. 5, p. 464-474, 2009.

CHEN, L.; LEUNG, W.; LO, A. et al. Effect of virtual reality on postural and balance control in patients with stroke: a systematic literature review. **Biomed Res Int**, 2016.

CHEN, H.; WANG, K.; SCHPERJANS, F.; KILLINGER, B. Environmental triggers of Parkinson's disease. Implications of the Braak and dual-hit hypotheses. **Neurobiology of disease**, v.163, p.1-12, 2022.

CIKAJLO, I.; RUDOLF, M.; GOLJAR, N.; et al. Telerehabilitation using virtual reality task can improve balance in patients with stroke. **Disabil Rehabil**, v. 34, p. 13-18, 2012.

COLLOMB-CLERC, A.; WELTER, M.L. Effects of deep brain stimulation on balance and gait in patients with Parkinson's disease: a systematic neurophysiological review. **Neurophysiologie Clinique/Clin Neurophysiol**, v. 45, p. 371–388, 2015.

CONNOLLY, B.S.; LANG, A.E. Pharmacological treatment of Parkinson disease: a review. **Jama**, v. 311, n. 16, p. 1670-1683, 2014.

CUCCA, A.; BIAGIONI, M.C.; FLEISHER, J.E.; AGARWAL, S.; SON, A.; KUMAR, P.; et al. Freezing of gait in Parkinson's disease: from pathophysiology to emerging therapies. **Neurodegener Dis Manag**, v. 6, n. 5, p. 431-46, 2016.

DE MELO, G.E.; KLEINER, A.F.; LOPES, J.B.; DUMONT, A.J.; LAZZARI, R.D.; GALLI, M.; OLIVEIRA, C.S. Effect of virtual reality training on walking distance and physical fitness in individuals with Parkinson's disease. **NeuroRehabilitation**, n. 42, p. 473-480, 2018.

DE MORTON, N.A. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. **Aust J Physiother**, n. 55, p. 129-133, 2009.

DICKSON, D.W.; BRAAK, H.; DUDA, J.E.; et al. Neuropathological assessment of Parkinson's disease: refining the diagnostic criteria. **Lancet Neurol**, n. 8, p. 1150-1157, 2009.

DORSEY, E.R.; CONSTANTINESCU, R.; THOMPSON, J.P.; et al. Projected number of people with Parkinson disease in the most populous nations, 2005 through 2030. **Neurology**, v. 68, p. 384-386, 2007.

DORSEY, E.R.; et al. Global, regional, and national burden of Parkinson's disease, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. **The Lancet Neurology**, v. 17, n. 11, p. 939-953, 2018.

DOS SANTOS MENDES, F.A.; POMPEU, J.E.; LOBO, A.M.; DA SILVA, K.G.; OLIVEIRA, T.D.E.P.; ZOMIGNANI, A.P.; et al. Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease - effect of motor and cognitive demands of games: a longitudinal, controlled clinical study. **Physiother**, v. 98, n. 3, p. 217–223, 2012.

DREW, T.; PRENTICE, S.; SCHEPENS, B. Cortical and brainstem control of locomotion. **Prog. Brain Res.**, v. 143, p. 251-561, 2004.

DREW, T. ; ANDUJAR, J.E.; LAJOIE, K., YAKOVENKO, S. Cortical mechanisms involved in visuomotor coordination during precision walking. **Brain Res. Rev.**, v. 57, n. 1, p. 199-211, 2008.

DROBY, A. et al. Distinct Effects of Motor Training on Resting-State Functional Networks of the Brain in Parkinson's Disease. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 34, n. 9, p. 795–803, 2020.

ESCUlier, J.F.; VAUDRIN, J.; BÉRIAULT, P.; GAGNON, K.; TREMBLAY, L.E. Home-based balance training programme using Wii Fit with balance board for Parkinson's disease: a pilot study. **J Rehabil Med**, n. 44, p. 144-150, 2012.

FAGGIANI, E.; BENAZZOUZ, A. Deep brain stimulation of the subthalamic nucleus in Parkinson's disease: From history to the interaction with the monoaminergic systems. **Progress in neurobiology**, n. 151, p. 139-156, 2017.

FAHN, S.; ELTON, R.L.; Members of the UPDRS Development Committee. Unified Parkinson's Disease Rating Scale. in: FAHN, S.; MARSDEN, C.D.; CALNE, D.; HOLSTEIN, N: Recent developments in Parkinson's disease. Vol. 2. Macmillan Healthcare Information, Plorhan Park, NJ, p. 153-163, 1987.

FENG, H. et al. Virtual reality rehabilitation versus conventional physical therapy for improving balance and gait in parkinson's disease patients: A randomized controlled trial. **Medical Science Monitor**, v. 25, p. 4186–4192, 2019.

FERRAZ, D. D. et al. The Effects of Functional Training, Bicycle Exercise, and Exergaming on Walking Capacity of Elderly Patients With Parkinson Disease: A Pilot Randomized Controlled Single-blinded Trial. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 99, n. 5, p. 826–833, 2018.

FORSSBERG, H. Ontogeny of human locomotor control. I. Infant stepping, supported locomotion and transition to independent locomotion. **Exp Brain Res**, v. 57, n. 3, p. 480-493, 1985.

FOX, S.H.; KATZENSCHLAGER, R.; LIM, S.Y.; RAVINA, B.; SEPPI, K.; COELHO, M.; et al. The Movement Disorder Society Evidence- Based Medicine Review Update: Treatments for the motor symptoms of Parkinson's disease. **Movement Disorders**; n. 23 Suppl 3, p. S2-41, 2011.

FRANCHIGNONI F, HORAK F, GODI M, NARDONE A, GIORDANO A. Using psychometric techniques to improve the balance evaluation systems test: the mini-betest. **J Rehabil Med**, v. 42, n. 4, p. 323-331, 2010.

FULK, G. Locomotor training and virtual reality-based balance training for an individual with multiple sclerosis: a case report. **J Neurol Phys Ther**, v. 29, n. 1, p. 34-42, 2005.

FUNDARÒ, C. et al. Self-selected speed gait training in Parkinson's disease: robot-assisted gait training with virtual reality versus gait training on the ground. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 55, n. 4, p. 456-462, 2019.

GALNA, B.; JACKSON, D.; SCHOFIELD, G.; MCNANEY, R.; WEBSTER, M.; BARRY, G.; et al. Retraining function in people with Parkinson's disease using the Microsoft kinect: game design and pilot testing. **J Neuroeng Rehabil**, v. 11, n. 1, p. 60, 2014.

GANDOLFI, M. et al. Virtual Reality Telerehabilitation for Postural Instability in Parkinson's Disease: A Multicenter, Single-Blind, Randomized, Controlled Trial. **BioMed Research International**, v. 2017, p. 1-11, 2017.

GARAU, M.; SLATER, M.; VINAYAGAMOORTHY, V.; BROGNI, A.; STEED, A.; SASSE, M.A. The impact of avatar realism and eye gaze control on perceived quality of communication in a shared immersive virtual environment. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**, Fort Lauderdale, Florida, Estados Unidos, p. 529-536, 2003.

GBD 2015 Neurological Disorders Collaborator Group. Global, regional, and national burden of neurological disorders during 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. **Lancet Neurol**, v. 16, p. 877-97, 2017.

GIBB, W.; LEES, A. A comparison of clinical and pathological features of young-and old-onset Parkinson's disease. **Neurology**, v. 38, p. 1402-1406, 1988.

GOETZ, C.G.; TILLEY, B.C.; SHAFTMAN, S.R.; STEBBINS, G.T.; FAHN, S.; MARTINEZ- MARTIN, P.; POEWE, W.; SAMPAIO, C.; STERN, M.B.; DODEL, R.; DUBOIS, B.; HOLLOWAY, R.; JANKOVIC, J.; KULISEVSKY, J.; LANG, A.E.; LEES, A.; LEURGANS, S.; LEWITT, P.A.; NYENHUIS, D.; OLANOW, C.W.; RASCOL, O.; SCHRAG, A.; TERESI, J.A.; VAN HILTEN, J.J.; LAPELLE, N.; Movement Disorder Society UPDRS Revision Task Force. Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): scale presentation and clinimetric testing results. **Mov Disord**, v. 23, n. 15, p. 2129-2170, 2008.

GONZALEZ-FRANCO, M.; LANIER, J. Model of illusions and virtual reality. **Front Psychol.**, v. 8, 2017.

GOODWIN, V.A.; RICHARDS, S.H.; TAYLOR, R.S.; TAYLOR, A.H.; CAMPBELL, J.L. The effectiveness of exercise interventions for people with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. **Mov Disord**, v. 23, n. 5, p. 631-40, 2008.

HAMILTON, E.C.; SCOTT, D.J.; FLEMING, J.B.; REGE, R.V.; LAYCOCK, R.; et al. Comparison of video trainer and virtual reality training systems on acquisition of laparoscopic skills. **Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques**, n. 16, p. 406-411, 2002.

HENDERSON, A.; KORNER-BITENSKY, N.; LEVIN, M. Virtual reality in stroke rehabilitation: a systematic review of its effectiveness for upper limb motor recovery. **Topics in Stroke Rehabilitation**. n. 14, p. 52-61, 2007.

HERNANDEZ, H.A.; GRAHAM, N.; FEHLINGS, D.; SWITZER, L.; YE, Z.; BELLAY, Q.; HAMZA, A.; SAVERY, C.; STACH, T. Design of an exergaming station for children with cerebral palsy. In **Computer Human Interaction**. Austin, Texas, USA; 2012.

HERZ, N.B.; MEHTA, S.H.; SETHI, K.D.; JACKSON, P.; HALL, P.; MORGAN, J.C. Nintendo Wii rehabilitation ("Wii-hab") provides benefits in Parkinson's disease. **Parkinsonism Relat Disord**, v. 19, p. 1039-1042, 2013.

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

HORAK, F.B.; WRISLEY, D.M.; FRANK, J. The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to Differentiate Balance Deficits. **Phys Ther**, v. 89, n. 5, p. 484-498, 2009.

HOLMES, J.D.; GU, M.L.; JOHNSON, A.M.; JENKINS, M.E. The effects of a home-based virtual reality rehabilitation program on balance among individuals with Parkinson's disease. **Physical & Occupational Therapy in Geriatrics**, v. 31, p. 241-253, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. Censo de 2010, 2020.

IRUTHAYARAJAH, J.; MCINTYRE, A.; COTOI, A.; et al. Effect of virtual reality on postural and balance control in patients with stroke: a systematic literature review. **Games Health J**, v. 28, p. 3112-3115, 2016.

JACK, D.; BOIAN, R.; MERIANS, A.S.; TREMAINE, M.; BURDEA, G.C.; ADAMOVICH, S.V.; et al. Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation. **IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil**, v. 9, n. 3, p. 308-318, 2001.

JOHANSSON, B. B. Current trends in stroke rehabilitation. A review with focus on brain plasticity. **Acta Neurol Scand**, v. 123, n. 3, p. 147-159, 2011.

JANKOVIC, J. Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. **J Neurol Neurosurg Psychiatry**, v. 79, n. 4, p. 368-376, 2008.

KEUS, S.H.J.; BLOEM, B.R.; HENDRIKS, E.J.M.; BREDERO-COHEN, A.B.; MUNNEKE, M. Evidence-based analysis of physical therapy in Parkinson's disease with recommendations for practice and research. **Mov Disord**, v. 22, n. 4, p. 451-460, 2007.

KEUS, S.H.; MUNNEKE, M.; GRAZIANO, M.; PALTAMAA, J.; PELOSIN, E.; DOMINGOS, J.; et al. European Physiotherapy Guideline for Parkinson's Disease. Information for people with Parkinson's disease. **KNGF/ParkinsonNet**, 2014.

KIM, Y.; KANG, S. Effects of virtual reality-based exercise on balance, gait, and falls efficacy in patients with Parkinson's disease: a pilot study. **Journal of the Korean Society of Integrative Medicine**, v. 4, p. 1-11, 2016.

KING, L.A.; SALARIAN, A.; MANCINI, M.; PRIEST, K.C.; NUTT, J.; SERDAR, A.; WILHELM, J.; SCHLIMGEN, J.; SMITH, M.; HORAK, F.B. Exploring outcome measures for exercise intervention in people with Parkinson's disease. **Parkinsons Dis**, 2013.

KIRKX, M.F.; BOLOGNA, M. The pathophysiology of Parkinson's disease tremor. **Journal of Neurological Sciences**, v.435, 2022.

LAHUE, S.C.; COMELLA, C.L.; TANNER, C.M. The best medicine? The influence of physical activity and inactivity on Parkinson's disease. **Movement disorders**, v. 31, n. 10, p. 1444-1454, 2016.

LAMOTTE, G.; RAFFERTY, M.R.; PRODOEHL, J.; KOHRT, W.M.; COMELLA, C.L.; SIMUNI, T.; et al. Effects of endurance exercise training on the motor and non-motor features of Parkinson's disease: a review. **J Parkinsons Dis**, v. 5, n. 1, p. 21-41, 2015.

LATT, M.D.; LORD, S.R.; MORRIS, J.G.; FUNG, V.S. Clinical and physiological assessments for elucidating falls risk in Parkinson's disease. **Movement disorders**, v. 24, n. 9, p. 1280-1289, 2009.

LEAVY, B.; KWAK, L.; HAGSTROMER, M.; FRANZE`N, E. Evaluation and implementation of highly challenging balance training in clinical practice for people with Parkinson's disease: protocol for the HiBalance effectiveness-implementation trial. **BMC Neurol**, v. 17, p.27, 2017.

LEE, N.Y.; LEE, D.K.; SONG, H.S. Effect of virtual reality dance exercise on the balance, activities of daily living, and depressive disorder status of Parkinson's disease patients. **J Phys Ther Sci**, v. 27, p. 145-147, 2015.

LEE, H.C.; HUANG, C.L.; HO, S.H.; SUNG, W.H. The effect of a virtual reality game intervention on balance for patients with stroke: a randomized controlled trial. **Games Health J**, v.6, p. 303-311, 2017.

LEES, A.J.; HARDY, J.; REVESZ, T. Parkinson's disease. *Lancet*, v. 13, n. 373(9680), p. 2055-2066, 2009.

LIAO, Y. Y. et al. Virtual Reality-Based Training to Improve Obstacle-Crossing Performance and Dynamic Balance in Patients With Parkinson's Disease. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 29, n. 7, p. 658-667, 2014.

LIAO, Y. Y. et al. Virtual Reality-Based Wii Fit Training in Improving Muscle Strength, Sensory Integration Ability, and Walking Abilities in Patients with Parkinson's Disease: A Randomized Control Trial. **International Journal of Gerontology**, v. 9, n. 4, p. 190-195, 2015.

LIBERATI, A.; et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Ann Intern Med*, v. 151, n. 4, 2009.

LOUREIRO, A.P.; RIBAS, C.G.; ZOTZ, T.G.; CHEN, R.; RIBAS, F. Feasibility of virtual therapy in rehabilitation of Parkinson's disease patients: pilot study. *Fisioter Mov*, v. 25, p. 659-666, 2012.

MAK, M.; WONG-YU, I.S.; SHEN, X.; CHUNG, C.L. Long-term effects of exercise and physical therapy in people with Parkinson disease. *Nat Rev Neurol*, v. 13, n. 11, p. 689-703, 2017.

MANTOVANI, F.; CASTELNUOVO, G.; GAGGIOLI, A.; RIVA, G. Virtual reality training for health-care professionals. *Cyberpsychol. Behav*, v. 6, n. 4, p. 389-395, 2003.

MARTIROSOV, S. & KOPECEK, P. Cyber Sickness in Virtual Reality - Literature Review. **Proceedings of the 28th DAAAM International Symposium**, p.718-726, Vienna, Austria, 2017.

MERIAN, A.S.; TUNIK, E.; ADAMOVICH, S.V. Virtual reality to maximize function for hand and arm rehabilitation: exploration of neural mechanisms. *Stud Health Technol Inform*. n. 145, p. 109-125, 2009.

MIYAMOTO, S.T.; LOMBARDI JUNIOR, I.; BERG, K.O.; RAMOS, L.R.; NATOUR, J. Brazilian version of the Berg balance scale. *Brazilian Journal of medical and Biological Research*, v. 37, p.1411-1421, 2004.

MIRELMAN, A.; MAIDAN, I.; HERMAN, T.; DEUTSCH, J.; GILADI, N.; HAUSDORFF. Virtual reality for gait training: can it induce motor learning to enhance complex walking and reduce fall risk in patients with Parkinson's disease? *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, v. 66, n. 2, p. 234-240, 2010.

MIRELMAN, A.; MAIDAN, I.; HERMAN, T.; DEUTSCH, J.E.; GILADI, N.; HAUSDORFF, J.M. Virtual reality for gait training: can it induce motor learning to enhance complex walking and reduce fall risk in patients with Parkinson's disease? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, v. 66, p. 234-240, 2011.

MORGANTE, L.; MORGANTE, F.; MORO, E.; EPIFANIO, A.; GIRLANDA, P.; RAGONESE, P.; et al. How many parkinsonian patients are suitable candidates for deep brain stimulation of subthalamic nucleus? Results of a questionnaire. *Parkinsonism & related disorders*, v. 13, n. 8, p. 528-531, 2007.

MORRIS, S.; MORRIS, M.E.; IANSEK, R. Reliability of measurements obtained with the Timed "Up & Go" test in people with Parkinson disease. *Phys Ther*, v. 81, n. 2, p. 810-818, 2001.

MOSELEY, A. M.; et al. Agreement between the Cochrane risk of bias tool and Physiotherapy Evidence Database (PEDro) scale: a meta-epidemiological study of randomized controlled trials of physical therapy intervention. *PLoS One*. V. 14, n. 9, p. e0222770, 2019.

MUJBER, T.; SZECSI, T.; HASHMI, M. Virtual reality applications in manufacturing process simulation. *J Mater Process Technol*, v. 155-156, p. 1834-1838, 2004.

NIEUWBOER, A.; KWAKKEL, G.; ROCHESTER, L.; JONES, D.; VAN WEGEN, E.; WILLEMS, A.M.; et al. Cueing training in the home improves gait-related mobility in Parkinson's disease: the RESCUE trial. **J Neurol Neurosurg Psychiatry**, v. 78, n. 2, p. 134-140, 2007.

OBESO, J.A.; STAMELOU, M.; GOETZ, C.G.; POEWE, W.; LANG, A.E.; WEINTRAUB, D.; et al. Past, present, and future of Parkinson's disease: A special essay on the 200th Anniversary of the Shaking Palsy. **Movement disorders**, v. 32, n. 9, p. 1264-1310, 2017.

OKADA, Y.; OHTSUKA, H.; KAMATA, N.; YAMAMOTO, S.; SAWADA, M.; NAKAMURA, J.; et al. Effectiveness of long-term physiotherapy in Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Parkinson's disease**, v.11, p. 1619-1630, 2021.

OPARA, J.; BŁASZCZYK, J.; DYSZKIEWICZ, A. Prevention of falls in Parkinson Disease. **Medical Rehabil**, v. 9, n. 1, p. 31-34, 2005.

OPARA, J.A.; MALECKI, A.; MALECKA, E.; SOCHA, T. Motor assessment in Parkinson's disease. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 24, n. 3, p. 411-415, 2017.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Como usar a CIF: um manual prático para o uso da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF). Versão preliminar para discussão. Outubro de 2013. Genebra: OMS.

OU, R.; WEI, Q.; HOU, Y.; ZHANG, L.; LIU, K.; LIN, J.; JIANG, Z.; ZHAO, B.; CAO, B.; SHANG, H. Facial tremor in patients with Parkinson's disease: prevalence, determinants and impacts on disease progression. **BMC Neurology**, v.21, n.1, p.86, 2021.

ÖZGÖNENEL, L. et al. Use of game console for rehabilitation of Parkinson's disease. **Balkan Medical Journal**, v. 33, n. 4, p. 396-400, 2016.

PAGE, M.J.; MCKENZIE, J.E.; BOSSUYT, P.M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T.C.; MULROW, C.D. The PRISMA 2020 statement: an update guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n.71, 2021.

PALACIOS-NAVARRO, G.; GARCÍA-MAGARIÑO, I.; RAMOS-LORENTE, P. A Kinect-based system for lower limb rehabilitation in Parkinson's disease patients: a pilot study. **J Med Syst**, v. 39, p. 103, 2015.

PARK, S.; KIM, S.P.; WHANG, M. Individual's Social Perception of Virtual Avatars Embodied with Their Habitual facial expressions and facial appearance. **Sensors**, n. 21, p. 5986, 2021.

PAZZAGLIA, C. et al. Comparison of virtual reality rehabilitation and conventional rehabilitation in Parkinson's disease: a randomised controlled trial. **Physiotherapy (United Kingdom)**, v. 106, p. 36-42, 2020.

PEREZ-LLORET, S.; NEGRE-PAGES, L.; DAMIER, P.; DELVAL, A.; DERKINDEREN, P.; DESTEE, A.; et al. Prevalence, determinants, and effect on quality of life of freezing of gait in Parkinson disease. **JAMA neurology**, v. 71, n. 7, p. 884-890, 2014.



PEREZ-MARCOS, D. Virtual reality experiences, embodiment, videogames and their dimensions in neurorehabilitation. **Journal of Neuroengineering and Rehabilitation**, v. 15, p. 113, 2018.

PETZINGER, G.M.; FISHER, B.E.; MCEWEN, S.; BEELER, J.A., WALSH, J.P.; JAKOWEC, M.W. Exercise-enhanced neuroplasticity targeting motor and cognitive circuitry in Parkinson's disease. **Lancet Neurol**, v. 12, n. 7, p. 716-26, 2013.

PEZZOLI, G.; CEREDA, E. Exposure to pesticides or solvents and risk of Parkinson disease. **Neurology**, v. 80, p. 2035-2041, 2013.

PICELLI, A.; MELOTTI, C.; ORIGANO, F.; WALDNER, A.; FIASCHI, A.; SANTILLI, V.; et al. Robot-assisted gait training in patients with parkinson disease: a randomized controlled trial. **Neurorehabil Neural Repair**, v. 26, p. 353–361, 2012.

PIZZAMIGLIO, S.; ABDALLA, H.; NAEEM, U.; TURNER, D.L. Neural predictors of gait stability when walking freely in the real-world. **Journal of Neuroengineering and Rehabilitation**, v. 15, n. 1, p.11, 2018.

PODSIADŁO, D.; RICHARDSON, S. The timed “Up and Go” test. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 67, p. 387–389, 1989.

POMPEU, J.E.; ARDUINI, L.A.; BOTELHO, A.R.; FONSECA, M.B.F.; POMPEU, S.M.A.A.; TORRIANI- PASIN, C.; et al. Feasibility, safety and outcomes of playing Kinect adventures! For people with Parkinson's disease: a pilot study. **Physiother**, v. 100, n. 2, p. 162-168, 2014.

POMPEU, J.E.; MENDES, F.A.; SILVA, K.G.; LOBO, A.M.; OLIVEIRA, T.D.E. P.; ZOMIGNANI, A.P.; PIEMONTE, M.E. Effect of Nintendo Wii™- based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: a randomised clinical trial. **Physiotherapy**, v. 98, n. 3, p. 196-204, 2012.

QUTUBUDDIN, A.A.; et al. A comparison of computerized dynamic posturography therapy to standard balance physical therapy in individuals with Parkinson's disease: a pilot study. **NeuroRehabilitation**, v. 22, p. 261-265, 2007.

RASCOL, O.; PAYOUX, P.; FERREIRA, J.; BREFEL-COURBON, C. The management of patients with early Parkinson's disease. **Parkinsonism & related disorders**, v. 9, n. 1, p. 61-67, 2002.

REID, D.T. Benefits of a virtual play rehabilitation environment for children with cerebral palsy on perceptions of self-efficacy: a pilot study. **Pediatr Rehabil**, v. 5, n. 3, p. 141-148, 2002.

RIBAS, C. G.; SILVA. L.A.; CORRÊA, M.R.; TEIVE, H.G.; VALDERRAMAS, S. Effectiveness of exergaming in improving functional balance, fatigue and quality of life in Parkinson's disease: A pilot randomized controlled trial. **Parkinsonism and Related Disorders**, v. 38, p. 13-18, 2017.

RIVA, G. From toys to brain: Virtual Reality applications in Neuroscience. **Virtual Reality**, v. 3, p. 259-266, 1998.

RIZOS, A.; MARTINEZ-MARTIN, P.; ODIN, P.; ANTONINI, A.; KESSEL, B.; KOZUL, T.K.; et al. Characterizing motor and non-motor aspects of early-morning off periods in Parkinson's disease: an international multicenter study. **Parkinsonism and Related Disorders**, v. 20, n. 11, p. 1231-1235, 2014.

RIZZO, A.; KIM, G.J.A. SWOT analysis of the field of virtual reality rehabilitation and therapy. **Presence Teleoperators Virtual Environ**, v. 14, n. 2, p. 119-146, 2005.

ROCHESTER, L.; NIEUWBOER, A.; LORD, S: Physiotherapy for Parkinson's disease: Defining evidence within a framework for practice. **Neurodegener Dis Manag**, v. 1, p. 57-65, 2011.

ROSE, T.; NAM, C.S.; CHEN, K.B. Immersion of virtual reality for rehabilitation - review. **Appl Ergon**. V. 69, p. 153-161, 2018.

ROSSI, A.; BERGER, K.; CHEN, H.; LESLIE, D.; MAILMAN, R.B.; HUANG, X. Projection of the prevalence of Parkinson's disease in the coming decades: revisited. **Mov Disord**, v. 33, p. 156-159, 2018.

SANTAMATO, A.; RANIERI, M.; CINONE, N.; STUPPIELLO, L.A.; VALENO, G.; DE SANCTIS, J.L.; et al. Postural and balance disorders in patients with Parkinson's disease: a prospective open-label feasibility study with two months of action observation treatment. **Parkinsons Dis**, v. 2015, p. 902738, 2015.

SANTOS, P.; MACHADO, t.; SANTOS, L.; RIBEIRO, N.; MELO, A. Efficacy of the Nintendo Wii combination with Conventional Exercises in the rehabilitation of individuals with Parkinson's disease: A randomized clinical trial. **NeuroRehabilitation**, v. 45, n. 2, p. 255-263, 2019.

SAPOSNIK, G.; COHEN, L.G.; MAMDANI, M.; POOYANIA, S.; PLOUGHMAN, M.; CHEUNG, D.; et al. Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial. **Lancet Neurol**, n. 15, p. 1019-1027, 2016.

SCHONEBURG, B.; MANCINI, M.; HORAK, F.; NUTT, J.G. Framework for understanding balance dysfunction in Parkinson's disease. **Mov Disord**, v. 28, p. 1474-1482, 2013.

SCHRAG, A.; JAHANSHAHI, M.; QUINN, N. How does Parkinson's disease affect quality of life? A comparison with quality of life in the general population. **Movement disorders**, v. 15, n. 6, p. 1112-1118, 2000.

SCHOLTEN, I.; BARRADELL, S.; BICKFORD, J.; MORAN, M. Twelve tips for teaching the International Classification of Functioning, Disability and Health with a view to enhancing a biopsychosocial approach to care. **Medical Teacher**, 2020.

SEVERIANO, M.I.; ZEIGELBOIM, B.S.; TEIVE, H.A.; SANTOS, G.J.; FONSECA, V.R. Effect of virtual reality in Parkinson's disease: a prospective observational study. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 76, p. 78-84, 2018.

SHEN, X.; MAK, M.K. Balance and gait training with augmented feedback improves balance confidence in people with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. **Neurorehabil Neural Repair**, v. 28, p. 524-535, 2014.

SHIH, M.-C. et al. Effects of a balance-based exergaming intervention using the Kinect sensor on posture stability in individuals with Parkinson's disease: a single-blinded randomized controlled trial. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 13, n. 1, p. 78, 27 dez. 2016.

SIMONE, L.K.; SCHULTHEIS, M.T.; REBIMBAS, J.; MILLIS, S.R. Head-mounted displays for clinical virtual reality applications: pitfalls in understanding user behavior while using technology. **Cyberpsychol. Behav**, v. 9, n. 5, p. 591-602, 2006.

SLATER, M.; WILBUR, S. A framework for immersive virtual environments (FIVE): speculations on the role of presence in virtual environments. **Presence Teleoperators Virtual Environ**, v.6, n.6, p. 603-616, 1997.

SONG, J. et al. Home-based step training using videogame technology in people with Parkinson's disease: a single-blinded randomised controlled trial. **Clinical Rehabilitation**, v. 32, n. 3, p. 299-311, 2017.

STOŹEK, J.; RUDZIŃSKA, M., LONGAWA, K., SZCZUDLIK, A. Effect of a comprehensive program rehabilitation on balance and gait in patients with Parkinson's disease. **Neurol Neurochir Pol**, n. 5, p. 67-81, 2003.

STUDENSKI, S.; PERERA, S.; PATEL, K.; ROSANO, C.; FAULKNER, K., INZITARI, M.; et al. Gait speed and survival in older adults. **Jama**, v. 305, n. 1, p. 50-58, 2011.

SVEISTRUP, H.; MCCOMAS, J., THORNTON, M., MARSHALL, S., FINESTONE, H., MCCORMICK, A., BABULIC, K., MAYHEW, A. Experimental studies of virtual reality-delivered compared to conventional exercise programs for rehabilitation. **Cyberpsychol Behav**, n. 6, p. 245-249, 2003.

TAN, S.B.; WILLIAMS, A.F.; KELLY, D. Effectiveness of multidisciplinary interventions to improve the quality of life for people with Parkinson's disease: a systematic review. **Int J Nurs Stud**, v. 51, n. 1, p. 166-174, 2014.

TANNER, C.M.; COMELLA, C.L. When brawn benefits brain: physical activity and Parkinson's disease risk. **Brain**, n. 138: p. 238-239, 2015.

TINETTI, M.E. Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. **J Am Geriatr Soc**, n. 34, p. 19-126, 1986.

TOLLÁR, J.; NAGY, F.; HORTOBÁGYI, T. Vastly Different Exercise Programs Similarly Improve Parkinsonian Symptoms: A Randomized Clinical Trial. **Gerontology**, v. 65, n. 2, p. 120-127, 2018.

TOMLINSON, C.L.; PATEL, S.; MEEK, C.; HERD, C.P.; CLARKE, C.E.; STOWE, R.; et al. Physiotherapy versus placebo or no intervention in Parkinson's disease. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 9, 2013.

TOMLINSON, C.L.; PATEL, S.; MEEK, C.; HERD, C.P.; CLARKE, C.E.; STOWE, R.; et al. Physiotherapy intervention in Parkinson's disease: systematic review and meta-analysis. **BMJ** n. 345, p. e5004–e5004, 2012.

TOMLINSON C, PATEL S, MEEK C, CLARKE SR, SHAH L, et al. Physiotherapy versus placebo or no intervention in Parkinson's disease. **Cochrane Database Syst Rev**, v.8, n.8, 2012.

TOMLINSON, C.L.; HERD, C.P.; CLARKE, C.E.; et al. Physiotherapy for Parkinson's disease: a comparison of techniques. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, 2014.

TRIGUEIRO, L.C.D.L.; GAMA, G.L.; RIBEIRO, T.S.; FERREIRA, L.G.L.D.M.; GALVÃO, É.R.V.P.; SILVA, E.M.G.D.S.E.; et al. Influence of treadmill gait training with additional load on motor function, postural instability and history of falls for individuals with Parkinson's disease: a randomized clinical trial. **J Bodyw Mov Ther**, v. 21, p. 93–100, 2017.

TSANG, W.W. Tai Chi training is effective in reducing balance impairments and falls in patients with Parkinson's disease. **J Physiother**, v. 59, p. 55, 2013.

TYSNES, O.B.; STORSTEIN, A. Epidemiology of Parkinson's disease. **J Neural Transm**, v. 124, n. 8, p. 901-905, 2017.

VAN DEN HEUVEL, M. R. C. et al. Effects of augmented visual feedback during balance training in Parkinson's disease: A pilot randomized clinical trial. **Parkinsonism and Related Disorders**, v. 20, n. 12, p. 1352–1358, 2014.

VAN DER BURG, J.C.; VAN WEGEN, E.E.; RIETBERG, M.B.; KWAKKEL, G.; VAN DIEËN, J.H. et al. Postural control of the trunk during unstable sitting in Parkinson's disease. **Parkinsonism Relat Disord**, v. 12, n. 8, p. 492-498, 2006.

VAN DER MARCK, M.A.; MUNNEKE, M.; MULLENERS, W.; HOOGERWAARD, E.M.; BORM, G.F.; OVEREEM, S.; et al. Integrated multidisciplinary care in Parkinson's disease: a non-randomised, controlled trial (IMPACT). **Lancet Neurology**, v. 12, n. 10, p. 947-956, 2013.

VAN NIMWEGEN, M.; SPEELMAN A.D.; OVEREEM, S.; VAN DE WARRENBURG, B.P.; SMULDERS, K.; DONTJE, M.L.; et al. Promotion of physical activity and fitness in sedentary patients with Parkinson's disease: randomised controlled trial. **BMJ**, p. 346-f576, 2013.

VIDAL, M.; AMORIM, M. A.; BERTHOZ, A. Navigating in a virtual three-dimensional maze: how do egocentric and allocentric reference frames interact? **Brain Res Cogn Brain Res**. p. 244-258, 2004.

WANNEVEICH, M.; MOISAN, F.; JACQMIN-GADDA, H.; ELBAZ, A.; JOLY, P. Projections of prevalence, lifetime risk and life expectancy of Parkinson disease (2010–2030) in France. **Movement Disorders**, v.33, n.9, p. 1449-1455, 2018.

WERT, D.M.; TALKOWSKI, J.B.; BRACH, J.; VANSWEARINGEN, L.; Characteristics of walking, activity, fear of falling, and falls in community-dwelling older adults by residence. **J Geriatr Phys Ther**, v. 33, n. 1, p. 41-45, 2010.

WILLEY, J.Z.; MOON, Y.P.; KULICH, E.R.; CHEUNG, Y.K.; WRIGHT, C.B.; SACCO, R.L. et al. Physical inactivity predicts slow gait speed in an elderly multi-ethnic cohort study: the Northern Manhattan Study. **Neuroepidemiology**, v. 49, n. 1-2, p. 24-30, 2017.

WUEST, S.; BORGHESE, N.A.; PIROVANO, M. et al. Usability and effects of an exergame-based balance training program. **Games Health J**, v. 3, p. 106-114, 2014.

YAMBE, T.; YOSHIZAWA, M.; TANAKA, A.; ABE, K.; TABAYASHI, K.; et al. Non-linear dynamic analysis of hemodynamic behavior during virtual reality immersion. **Biomed Pharmacother**. n.56, Suppl. 2, p. 367s-369s, 2002.

YANG, W.C.; WANG, H.K.; WU, R.M.; LO, C.S.; LIN, K.H. Home-based virtual reality balance training and conventional balance training in Parkinson's disease: a randomized controlled trial. **J Formos Med Assoc**, n. 115, p. 734-743, 2016.

YEN, C. Y. et al. Effects of virtual reality-augmented balance training on sensory organization and attentional demand for postural control in people with Parkinson disease: A randomized controlled trial. **Physical Therapy**, v. 91, n. 6, p. 862-874, 2011.

YUAN, R. Y. et al. Effects of interactive video-game-based exercise on balance in older adults with mild-to-moderate Parkinson's disease. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 17, n. 91, p. 1-10, 2020.

ZETTERGREN, K.; FRANCA, J.; ANTUNES, M.; LAVALLEE, C. The effects of Nintendo Wii Fit training on gait speed, balance, functional mobility and depression in one person with Parkinson's disease. **Applied Innovations & Technologies**, n. 5, p. 38-44, 2011.



**APÊNDICE 1 – Estratégia de busca para a base MEDLINE**

((("parkinson disease"[Mesh] OR parkinson\*[tiab])AND ("virtual reality exposure therapy"[Mesh] OR VR[tiab] OR “virtual reality”[tiab] OR virtual[tiab] OR augmented[tiab] OR computer\*[tiab] OR software[tiab] OR "serious game"[tiab] OR “serious gaming”[tiab] OR game[tiab] OR exergam\*[tiab] OR simulation[tiab] OR “user-computer interface”[tiab])) AND adult[Mesh]) AND ("Controlled Clinical Trials as Topic"[Mesh] OR "Controlled Clinical Trial" [Publication Type] OR "Randomized Controlled Trial" [Publication Type] OR "Clinical Trial" [Publication Type]))

## APÊNDICE 2 – Formulário de Extração dos dados

INFORMAÇÕES GERAIS						
Número na pesquisa						
Título						
Autores						
Ano de publicação						
Periódico						
CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS						
Objetivo						
Critério diagnóstico						
Tipo de estudo						
Critérios de inclusão						
Critérios de exclusão						
Tempo de desenvolvimento da pesquisa						
Local						
Pontuação PEDro						
CARACTERÍSTICAS DOS PARTICIPANTES						
Número de participantes						
Idade (em anos)	Média	SD	mediana	Limite inferior	Limite superior	ignorado
Sexo(%)	Masculino	Feminino	ignorado			
Duração da doença						
Grupo experimental						
Grupo controle						
Terceiro grupo						
Classificação Hoern & Yahr						
Levodopa ou outros medicamentos	Dosagem			tempo		
CARACTERÍSTICAS DA INTERVENÇÃO						
Tipo de tecnologia de realidade virtual						
Tempo de acompanhamento						
Frequência do programa						
DESFECHOS						
Desfecho 1						
Desfecho 2						
Desfecho 3						
Desfecho 4						



<b>ESTADÍSTICAS</b>	
Software	
Testes	
<b>RESULTADOS</b>	